

## 日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
this Office.

願 年 月 日  
Date of Application:

1998年 4月13日

願 番 号  
Application Number:

平成10年特許願第101577号

願 人  
Applicant(s):

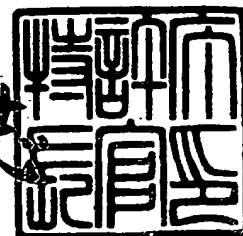
セイコーインスツルメンツ株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

1999年 2月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

山 建 志



【書類名】 特許願

【整理番号】 98000158

【提出日】 平成10年 4月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H02N 2/00

【発明の名称】 超音波モータおよび超音波モータ付電子機器

【請求項の数】 19

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

【氏名】 飯野 朗弘

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

【氏名】 春日 政雄

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

【氏名】 鈴木 賢二

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 伊藤 潔

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超音波モータおよび超音波モータ付電子機器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 屈曲振動波を生じさせる駆動用分極部を有する圧電振動体を備え、この圧電駆動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、

前記圧電振動体に対して屈曲振動波の腹を中心として対称に、前記駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する検出用分極部を設けたことを特徴とする超音波モータ。

【請求項 2】 第 1 の屈曲振動波を生じさせる第 1 の駆動用分極部と、この第 1 の屈曲振動波に対して位相のずれた第 2 の屈曲振動波を生じさせる第 2 の駆動用分極部とを有する圧電振動体を備え、この圧電駆動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、前記圧電振動体に対して前記第 1 の屈曲振動波又は前記第 2 の屈曲振動波の一方の振動波の腹を中心として対称に、この一方の屈曲振動波を生じさせる駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する検出用分極部を設けたことを特徴とする超音波モータ。

【請求項 3】 前記検出用分極部により検出した駆動信号を増幅する増幅回路と、前記増幅回路により増幅した駆動信号の位相をずらす移相回路と、を備え、前記検出用分極部により駆動信号を検出された駆動用分極部に、前記増幅回路により増幅した駆動信号を帰還するとともに、他方の駆動用分極部に前記移相回路により位相をずらされた駆動信号を入力したことを特徴とする請求項 2 記載の超音波モータ。

【請求項 4】 第 1 の屈曲振動波を生じさせる第 1 の駆動用分極部と、この第 1 の屈曲振動波に対して位相のずれた第 2 の屈曲振動波を生じさせる第 2 の駆動用分極部とを有する圧電振動体を備え、この圧電振動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、前記第 1 の屈曲振動波の腹を中心として対称に設けられ、前記第 1 の駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する第 1 の検出用分極部と、前記第 2 の屈曲振動波の腹を中心として対称に設けられ、前記第 2 の駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する第 2 の検出用分極部と、前記第 1 の検出用分極部又は前記第 2 の検出用分極部の一方に切り換える第 1

の切り換え回路と、前記第1の切り換え回路により切り換えられた一方の検出用分極部により検出された駆動信号を増幅する増幅回路と、前記増幅回路により増幅された駆動信号の位相をずらす移相回路と、前記一方の検出用分極部により駆動信号を検出された駆動用分極部に、前記増幅回路により増幅された駆動信号を帰還させる第2の切り換え回路と、前記移相回路により位相をずらされた駆動信号を他方の駆動用分極部に入力させる第3の切り換え回路と、を備え、互いに位相のずれた前記第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とにより前記圧電振動体に楕円振動を生じさせるとともに、前記第1の切り換え回路、第2の切り換え回路、第3の切り換え回路の切り換えにより楕円振動の回転方向を逆転させることを特徴とする超音波モータ。

【請求項5】 伸縮振動波を生じさせる第1の駆動用分極部と屈曲振動波を生じさせる第2の駆動用分極部とを有する圧電振動体を備え、前記圧電振動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、前記圧電振動体に対して前記屈曲振動波の腹を中心として対称に、前記第2の駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する検出用分極部を設けたことを特徴する超音波モータ。

【請求項6】 前記検出用分極部は、前記屈曲振動波の腹に代えて、前記伸縮振動波の節を中心として対称に設けられ、前記第1の駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出することを特徴とする請求項5記載の超音波モータ。

【請求項7】 前記検出用分極部により検出した駆動信号を増幅する増幅回路を備え、前記検出用分極部により駆動信号を検出された一方の駆動用分極部に、前記増幅回路により増幅した駆動信号を帰還するとともに、他方の駆動用分極部に前記増幅した駆動信号を入力したことを特徴とする請求項5又は請求項6記載の超音波モータ。

【請求項8】 前記増幅回路と前記他方の駆動用分極部との間に、前記増幅回路により増幅した駆動信号の位相をずらす移相回路を備えたことを特徴とする請求項7記載の超音波モータ。

【請求項9】 前記圧電振動体は、円柱状であるとともに、前記第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とにより円柱端面の最大変位点を移動させることを特徴とする請求項2記載の超音波モータ。

【請求項 10】 縦振動が励振される駆動用分極部を有する圧電振動体を備え、この圧電振動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、前記駆動用分極部の一部に、前記駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する検出用分極部を設けたことを特徴する超音波モータ。

【請求項 11】 ねじり振動が励振される駆動用分極部を有する圧電振動体を備え、この圧電振動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、前記駆動用分極部の一部に、前記駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する検出用分極部を設けたことを特徴する超音波モータ。

【請求項 12】 前記検出用分極部は、前記駆動用分極部の一部に代えて、前記駆動用分極部の縦振動方向に別個に設けたことを特徴する請求項 10 記載の超音波モータ。

【請求項 13】 前記検出用分極部は、前記駆動用分極部の一部に代えて、前記駆動用分極部の厚み方向に別個に設けたことを特徴する請求項 11 記載の超音波モータ。

【請求項 14】 前記検出用分極部は、前記駆動信号を検出した駆動用分極部の一部に設けたことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 の何れかに記載の超音波モータ。

【請求項 15】 前記検出用分極部は、前記駆動信号を検出した駆動用分極部と別個に設けたことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 の何れかに記載の超音波モータ。

【請求項 16】 前記検出用分極部は、駆動に用いない駆動用分極部を用いることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 の何れかに記載の超音波モータ。

【請求項 17】 前記増幅回路と前記移相回路との間に、入力インピーダンスが高く、出力インピーダンスが低いバッファ回路を備えたことを特徴とする請求項 3、請求項 4、または請求項 8 の何れかに記載の超音波モータ。

【請求項 18】 前記移相回路と前記他方の駆動用分極部との間に、前記移相回路により位相をずらされた駆動信号を増幅させる第 2 の増幅回路を備えたことを特徴とする請求項 17 記載の超音波モータ。

【請求項 19】 請求項 1 から請求項 18 の何れかに記載の超音波モータを

用いたことを特徴とする超音波モータ付き電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号が検出される検出用分極部を設けた超音波モータに関わり、特に、不要周波数成分に対して駆動周波数成分の大きな駆動信号を検出する検出用分極部を備えた超音波モータおよび超音波モータ付き電子機器に関する。

【0002】

【従来の技術】

近時、マイクロモータの分野で、圧電素子の圧電効果を利用した超音波モータが注目されている。

超音波モータの種類は、一般に外部の発振回路によって得られる交流電圧を印可するとともに、温度や負荷などの外部環境の変化に応じて変化する共振点に追尾するために電流や電圧の位相差を検出する方法が採られている。しかしながら、この方法では回路が複雑になってしまうという問題を有していた。そこで、近年、圧電素子を有する圧電振動体自らの自励発振を利用した自励発振回路の応用が試みられている。自励発振回路は追尾回路が不要で構成が簡単であるという特徴を持つ。この自励発振回路は駆動電極とは別に設けた検出用電極により得られる駆動信号を増幅回路を介して駆動用電極に帰還することにより発振させる方式と、圧電素子の共振点での誘導性を利用して発信させる方式がある。

【0003】

図32は、自励発振回路を備えた超音波モータの第1の従来例を示す。

この超音波モータは、弾性体と所定の分極処理が施された圧電素子を積層させた環状の圧電振動体101と、圧電振動体101の周方向に沿って圧電素子の表面に形成され、各電極が周方向に定在波を起こさせたときの $1/2$ 波長の長さに相当する第1の分極部102a、第1の電極群102bと、第1の分極部102a、第1の電極群102bと $1/4$ 波長ずれて位置に設けた第2の分極部103a、第2の電極群103bと、第2の分極部103a、第2の電極群103bと

第1の分極部102a、第1の電極群102bとの間にあって、周方向に $1/4$ 波長の長さに相当する第3の電極104と、第3の電極104と対向する位置で、周方向に $3/4$ 波長の長さに相当する検出用分極部105a、検出用電極105bと、第2の電極群103bに入力端を接続した第1の電力増幅器106と、検出用電極105bに入力端を接続し、出力端を第1の電力増幅器106に接続したバンドパスフィルタ増幅器107と、バンドパスフィルタ増幅器107の出力端に端を接続した $\pi/2$ 移相器108と、 $\pi/2$ 移相器108の出力端に端を接続し、出力端を第1の電極群102bに接続した第2の電力増幅器109を備えている（特公平6-01191号公報参照）。

## 【0004】

これによれば、検出用電極105で検出した駆動信号をバンドパスフィルタ107により主共振周波数成分のみ取り出し、第1の電力増幅器106で増幅して第2の電極群103bに帰還する一方、 $\pi/2$ 移相器108にして $\pi/2$ 位相だけ位相をずらした後、第2の電力増幅器109により増幅し、第1の電極群102bに帰還する。そして、圧電振動体101に、第1の分極部102aの励振による第1の定在波と第2の分極部103aの励振による $\pi/2$ 位相のずれた第2の定在波とを生じさせ、圧電振動体101の周方向へ進行波を発生させ、駆動力を得る。

## 【0005】

図33は、自励発振回路を備えた超音波モータの第2の従来例を示す。

この超音波モータは、第1の従来例と同様な圧電振動体111と、第1の分極部112a、第1の電極群112bと、第2の分極部113a、第2の電極群113bと、第1の電極群112bと第2の電極群113bの一方の隙間に形成された第1の検出用分極部114a、第1の検出用電極114bと、第1の電極群112bと第2の電極群113bとの他方の隙間115に、第1の電極群112bに隣接して設けた第2の分極部116a、第2の検出用電極116bと、第2の電極群113bに隣接して設けた第3の分極部117a、第3の検出用電極117bと、第1の検出用電極114bに端を接続し、第1の電極群112bに出力端を接続した第1の自励発振部119aと、第2の検出用電極116bま



たは第3の検出用電極117bに切換スイッチ118を介して入力端を接続し、第2の電極群113bに出力端を接続した第2の自励発振部119bを備える。

【0006】

これによれば、第1の検出用電極114bと第2の検出用電極116bもしくは第1の検出用電極114bと第3の検出用電極117bにより位相 $\pi/2$ もしくは $-\pi/2$ ずれた信号を検出するようにしたので第1の従来技術のように $\pi/2$ 移相器を用いる必要もなくなる。(特開平8-317672参照)

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、第1の従来技術において、検出用分極部105a、検出用電極105bは、第1の電極群102bにより圧電振動体101に生じる第1の屈曲振動波に対し、腹を中心として非対称に設けられており、第2の電極群103bにより圧電振動体101に生じる第2の屈曲振動波に対しても同様の位置関係にある。このように、検出用分極部105a、検出用電極105bを各屈曲振動波の腹に対して非対称な位置関係に配設すると、検出用分極部105aは非対称に歪み、検出用電極105bの検出する駆動信号には、駆動モードの周波数成分以外に、スプリアス振動の不要周波数成分を多く含むと共に、得られる駆動モードの周波数成分の信号は小さく自励発振は不安定になってしまう。

【0008】

また、位相の異なる2つの信号で圧電振動体101を発振させるので、移相回路108の負荷は大きくなる一方、自励発振のループゲインを低下させて、発振が不安定になったり、場合によっては、発振できなかつたりすることもある。

【0009】

一方、第2の従来技術において、第1の検出用分極部114a、第1の検出用電極114bは、第1の分極部112aにより圧電振動体111に生じる第1の屈曲振動波に対し、節と腹の中間に配設され、第2の検出用電極116b、第3の検出用電極117bは、第2の分極部113aにより圧電振動体111に生じる第2の屈曲振動波に対し、同様に節と腹の中間に配設されている。このため、同様にスプリアス発振しやすく、所望の周波数成分の信号が小さい傾向にあり、

自励発振は不安定になる。

【0010】

また、一般に検出用分極部、検出用電極を駆動用の分極部の一部に設ける場合、検出用分極部、検出用電極の面積を小さくすると、大きな駆動信号を検出できず、逆に、検出用分極部、検出用電極の面積を大きくすると、駆動用の分極部の面積は小さくなり、駆動力の低下を招いてしまうという課題を有していた。

【0011】

本発明の課題は、以上の事情を鑑み、不要周波数成分に対して駆動周波数成分の大きな駆動信号を検出して自励発振を安定させ、また、移相回路の負担を少なくし且つ自励発振ループのゲインを維持し、さらに、大きな駆動信号を取り出すとともに駆動力を維持する超音波モータおよび超音波モータ付き電子機器を提供する。

【0012】

【課題を解決するための手段】

即ち、この課題の解決手段は、請求項1に記載するように、屈曲振動波を生じさせる駆動用分極部を有する圧電振動体を備え、この圧電駆動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、前記圧電振動体に対して屈曲振動波の腹を中心として対称に、前記駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する検出用分極部を設けたことを特徴とする。

【0013】

これによれば、検出用分極部は、駆動用分極部と同じように歪み、駆動信号を検出する。特に、屈曲振動波の腹を中心としているので大きく歪んで駆動周波数の大きな信号を検出し、また、中心に対して対称に歪むので、不要周波数（不要振動モード）に対して駆動周波数の信号を大きく検出する。

言い換えれば、駆動用分極部によって励振される所望の振動モードに対してのみ大きな検出信号が得られる様に成るわけである。

【0014】

即ち、検出される駆動信号は、大きな駆動周波数の信号と小さな不要周波数成

分の信号とからなる。

したがって、圧電振動体のスプリアス振動を抑制し、自励発振は安定化される。

【0015】

また、請求項2に記載するように、請求項1記載の超音波モータにおいて、第1の屈曲振動波を生じさせる第1の駆動用分極部と、この第1の屈曲振動波に対して位相のずれた第2の屈曲振動波を生じさせる第2の駆動用分極部とを有する圧電振動体を備え、この圧電駆動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、

前記圧電振動体に対して前記第1の屈曲振動波又は前記第2の屈曲振動波の一方の振動波の腹を中心として対称に、この一方の屈曲振動波を生じさせる駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する検出用分極部を設けたことを特徴とする。

【0016】

これによれば、検出用分極部により、一方の駆動用分極部の励振に基づいて駆動周波数を主成分とする駆動信号を検出し、この駆動信号を増幅して一方の駆動用分極部に帰還させ、駆動用分極部を自励発振させる一方、他方の駆動用分極部に位相をずらした駆動信号を入力する。そして、互いに位相のずれた第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とにより圧電振動体に楕円振動を生じさせ、駆動力を得る。

【0017】

また、請求項3に記載するように、請求項2記載の超音波モータにおいて、前記検出用分極部により検出した駆動信号を増幅する増幅回路と、前記増幅回路により増幅した駆動信号の位相をずらす移相回路と、を備え、

前記検出用分極部により駆動信号を検出された駆動用分極部に、前記増幅回路により増幅した駆動信号を帰還するとともに、他方の駆動用分極部に前記移相回路により位相をずらされた駆動信号を入力したことを特徴とする。

【0018】

これによれば、増幅回路により、検出用分極部により検出した駆動信号を増幅

し、この増幅した駆動信号の一方を前記検出用分極部により駆動信号を検出された駆動用分極部に帰還し、増幅した駆動信号の他方を移相回路により位相をずらして他方の駆動用分極部に入力する。そして、互いに位相のずれた第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とにより圧電振動体に楕円振動を生じさせ、駆動力を得る。

【0019】

また、請求項4に記載するように、第1の屈曲振動波を生じさせる第1の駆動用分極部と、この第1の屈曲振動波に対して位相のずれた第2の屈曲振動波を生じさせる第2の駆動用分極部とを有する圧電振動体を備え、この圧電振動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、

前記第1の屈曲振動波の腹を中心として対称に設けられ、前記第1の駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する第1の検出用分極部と、前記第2の屈曲振動波の腹を中心として対称に設けられ、前記第2の駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する第2の検出用分極部と、前記第1の検出用分極部又は前記第2の検出用分極部の一方に切り換える第1の切り換え回路と、前記第1の切り換え回路により切り換えられた一方の検出用分極部により検出された駆動信号を増幅する増幅回路と、前記増幅回路により増幅された駆動信号の位相をずらす移相回路と、前記一方の検出用分極部により駆動信号を検出された駆動用分極部に、前記増幅回路により増幅された駆動信号を帰還させる第2の切り換え回路と、前記移相回路により位相をずらされた駆動信号を他方の駆動用分極部に入力させる第3の切り換え回路と、を備え、

互いに位相のずれた前記第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とにより前記圧電振動体に楕円振動を生じさせるとともに、前記第1の切り換え回路、第2の切り換え回路、第3の切り換え回路の切り換えにより楕円振動の回転方向を逆転させる特徴とする。

【0020】

これによれば、例えば、第1の検出用分極部により、第1の駆動用分極部の励振に基づいて駆動周波数を主成分とする駆動信号を検出し、この駆動信号は、第1の切り換え回路により増幅回路へ入力され、増幅回路により増幅される。増幅

された駆動信号一方は、第2の切り換え回路により第1の駆動用分極部に入力され、圧電振動体に第1の振動波を生じさせる。

【0021】

また、増幅された駆動信号の他方は、移相回路により位相をずらされ、第3の切り換え回路により第2の駆動用分極部に入力され、圧電振動体に第2の屈曲振動波を生じさせる。

そして、互いに位相のずれた第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とにより圧電振動体に楕円振動を生じさせ、駆動力を得る。

【0022】

一方、第2の検出用分極部により、第2の駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出し、第1の切り換え回路、第2の切り換え回路、第3の切り換え回路を切り換えることにより、楕円振動の回転方向を逆転させて反対方向の駆動力を得る。

【0023】

また、請求項5に記載するように、伸縮振動波を生じさせる第1の駆動用分極部と屈曲振動波を生じさせる第2の駆動用分極部とを有する圧電振動体を備え、前記圧電振動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、

前記圧電振動体に対して前記屈曲振動波の腹を中心として対称に、前記第2の駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する検出用分極部を設けたことを特徴する。

【0024】

これによれば、検出用分極部は、屈曲振動波の腹で大きく歪んで、駆動周波数の大きな信号を検出するとともに、中心に対して対称に歪むので、不要周波数成分に対して駆動周波数成分の大きな駆動信号を検出する。この駆動信号の一方は、第2の駆動用分極部に帰還され、この駆動信号の他方は第1の駆動用分極部に入力される。そして、伸縮振動波と屈曲振動波とにより圧電振動体に楕円振動を生じさせ、駆動力を得る。

【0025】

また、請求項6に記載するように、請求項5記載の超音波モータにおいて、前

記検出用分極部は、前記屈曲振動波の腹に代えて、前記伸縮振動波の節を中心として対称に設けられ、前記第 1 の駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出することを特徴とする。

【0026】

これによれば、検出用分極部は、もっとも歪みの大きな位置に有り中心に対して対称に歪み、不要周波数成分に対して駆動周波数成分の大きな駆動信号を検出する。この駆動信号の一方は、第 1 の駆動用分極部に帰還され、この駆動信号の他方は第 2 の駆動用分極部に入力される。そして、伸縮振動波と屈曲振動波とにより圧電振動体に楕円振動を生じさせ、駆動力を得る。

【0027】

また、請求項 7 に記載するように、請求項 5 又は請求項 6 記載の超音波モータにおいて、前記検出用分極部により検出した駆動信号を増幅する増幅回路を備え、前記検出用分極部により駆動信号を検出された一方の駆動用分極部に、前記増幅回路により増幅した駆動信号を帰還するとともに、他方の駆動用分極部に前記増幅した駆動信号を入力したことを特徴とする。

【0028】

これによれば、増幅回路により増幅された駆動信号は、前記検出用分極部により駆動信号を検出された駆動用分極部に帰還するとともに、他方の駆動用分極部に入力する。

【0029】

また、請求項 8 に記載するように、請求項 7 記載の超音波モータにおいて、前記増幅回路と前記他方の駆動用分極部との間に、前記増幅回路により増幅した駆動信号の位相をずらす移相回路を備えたことを特徴とする。

【0030】

これによれば、伸縮振動波と屈曲振動波との位相はずらされ、圧電振動体に生じる楕円振動の形状は変形し、駆動力は調整される。

【0031】

また、請求項 9 に記載するように、請求項 2 記載の超音波モータにおいて、前記圧電振動体は、円柱状であるとともに、前記第 1 の屈曲振動波と第 2 の屈曲振

動波とにより円柱端面の最大変位点を移動させることを特徴とする。

ここで、円柱状には、円柱形状、内部を中空とした円柱形状（円筒体）を含む。

【0032】

これによれば、圧電振動体の円柱端面は、第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とにより円柱端面の最大変位点を移動させるとともに最大変位点は楕円振動し、駆動力を得る。

【0033】

また、請求項10に記載するように、縦振動が励振される駆動用分極部を有する圧電振動体を備え、この圧電振動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、

前記駆動用分極部の一部に、前記駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する検出用分極部を設けたことを特徴する。

【0034】

これによれば、検出用分極部は、駆動用分極部と同様に縦振動方向へ均一に歪むので、不要周波数成分に対して駆動周波数成分の大きな駆動信号を検出する。

【0035】

また、請求項12に記載するように、請求項10記載の超音波モータにおいて、前記検出用分極部は、前記駆動用分極部の一部に代えて、前記駆動用分極部の縦振動方向に別個に設けたことを特徴する。

【0036】

これによれば、検出用分極部は、駆動用分極部の縦振動方向に重なっているので、駆動用分極部と同様に縦振動方向へ均一に歪み、不要周波数成分に対して駆動周波数成分の大きい駆動信号を検出する。また、駆動用分極部の励振面積を減少させずに検出面積を十分に確保するようにしたので、駆動力を維持するとともに大きな検出信号を取り出すことができる。

【0037】

また、請求項14に記載するように、請求項1から請求項8の何れかに記載の超音波モータにおいて、前記検出用分極部は、前記駆動信号を検出した駆動用分

極部の一部に設けたことを特徴とする。

【0038】

これによれば、検出用分極部は、駆動用分極部の一部を利用するので、部材点数を省略し、装置構成を小型化する。

【0039】

また、請求項15に記載するように、請求項1から請求項8の何れかに記載の超音波モータにおいて、前記検出用分極部は、前記駆動信号を検出した駆動用分極部とは別個に設けたことを特徴とする。

【0040】

これによれば、検出用分極部を別個に設け、駆動用分極部の励振面積を減少させずに検出面積を十分に確保するようにしたので、駆動力を維持するとともに大きな検出信号の取り出すことができる。また、請求項14に記載するように請求項1から請求項8のいずれかに記載の超音波モータにおいて、前記検出用分極部は駆動に用いない駆動用電極を利用することを特徴とする。これによれば駆動に用いない駆動用分極部を利用しているので駆動用分極部の励振面積を減少させずに検出面積を十分に確保するようにしたので、駆動力を維持するとともに大きな検出信号の取り出すことができる。

【0041】

また、請求項17に記載するように、請求項3、請求項4、または請求項8の何れかに記載の超音波モータにおいて、前記増幅回路と前記移相回路との間に、前記増幅回路により増幅された駆動信号を減少させるバッファ回路を備えたことを特徴とする。

【0042】

これによれば、バッファ回路により、増幅された信号の小さな量を移相回路へ出力する一方、自励発振ループ内の信号量を保つようにしたので、移相回路の負荷を減少させるとともに、自励発振ループのゲインを維持することが可能となり、位相の異なる二つの駆動信号を用いる超音波モータにおいて安定な自励発振駆動が実現できる。

【0043】



また、請求項 18 に記載するように、請求項 17 記載の超音波モータにおいて、前記移相回路と他方の駆動用分極部との間に、前記移相回路により位相がずらされた駆動信号を増幅する第 2 の増幅回路を備えたことを特徴とする。

【0044】

これによれば、移相回路により位相がずらされた信号を再び増幅して、一方の振動波と他方の振動波とを略同じ大きさとし、圧電振動体に生じる楕円振動の軌跡を調整し、駆動力を調整する。

【0045】

また、請求項 19 に記載するように、超音波モータ付き電子機器であって、請求項 1 から請求項 18 の何れかに記載の超音波モータを用いたことを特徴とする。これによれば、本発明を適用した超音波モータを用いた超音波モータ付き電子機器が実現される。

【0046】

【発明の実施の形態】

以下、図 1 ～図 31 を参照して本発明に係わるの実施の形態を詳細に説明する。

#### 《実施の形態 1》

図 1 は、本発明を適用した実施の形態 1 に係わる超音波モータの斜視図であり、図 2 は、超音波モータに係わる分解斜視図を示し、図 3 は、超音波モータの電極パターン 12 の平面構造、突起 6a の配置、突起 6a の動作を示す図である。

【0047】

この超音波モータは、図 1、図 2 に示すように、支持板 2 と、支持板 2 に配設された圧電素子リード 3 と、支持板 2 の中心に設けた中心軸 4 と、中心軸 4 に固定された圧電振動体 5 と、圧電振動体 5 に当接するロータユニット 8 と、ロータユニット 8 に当接する押さえばね 9 と、押さえばね 9 を設置する押さえばね座 11 から構成されている。

【0048】

ここで、圧電素子リード 3 は、ポリイミド等の基板上に、金、銅等で第 1 リード 3a、第 2 リード 3b を配線している。

## 【0049】

圧電振動体 5 は、弾性体 6 と弾性体 6 に接合された圧電素子 7 から構成されている。弾性体 6 は、例えばアルミ合金、ステンレス、黄銅等の弾性材料からなる円盤体であり、また、この円盤体の内側には、図 3 (a)、(b) に示すように、後述する圧電素子 7 の分割部の境界について一つおきの位置、即ち、周方向へ屈曲振動波を 3 波長生じさせた場合の節と腹の中間の位置に対応して、角柱状の突起 6 a, 6 a, 6 a, 6 a, 6 a, 6 a を設けている。

## 【0050】

圧電素子 7 は、例えば、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム等を用い、弾性体 6 に対応して略円盤体に成形されている。

この円盤体は、図 3 (a) に示すように、周方向へ 3 波長の屈曲振動波を生じさせたときの  $1/4$  波長に相当する扇形状に 12 等分割され、1 つおきの分割部を 1 組の分極部として、本発明の駆動用分極部としての第 1 の分極部 7 a, 7 a, 7 a, 7 a, 7 a, 7 a、第 2 の分極部 7 b, 7 b, 7 b, 7 b, 7 b, 7 b を設ける。そして、各分極部 7 a...7 a, 7 b...7 b の分割部は、厚み方向へ交互に反対方向となるように分極処理されている。ここで、分極処理は、正方向 (+) として、弾性体 6 との接合面を負の電位、接合面に対向する面を正の電位とし、抗電界以上の電圧を印加している。また、逆方向 (-) として、弾性体 6 との接合面を正の電位、接合面に対向する面を負の電位とし、抗電界以上の電圧を印加している。

## 【0051】

図 4 は、圧電振動体 5 の検出用分極部 7 c の配置関係を示す図であり、図 5 は、検出用分極部 7 c により検出される駆動信号の周波数成分を示す。

第 1 の分極部 7 a...7 a の一部は、検出用分極部 7 c に利用している。

この検出用分極部 7 c は、図 4 (a) に示すように、第 1 の分極部 7 a...7 a を励振させて弾性体 6 に屈曲振動波を生じさせた場合、屈曲振動波の腹を中心として対称な位置関係にある。

## 【0052】

このような配置をとれば、図 5 (a) に示すように、検出用分極部 7 c は、第

1 の分極部 7 a と同じように歪むとともに、大きくかつ中心に対して対称に歪むので、不要周波数成分に対して駆動周波数  $f_0$  成分の大きな駆動信号を検出する。即ち、駆動信号には駆動周波数  $f_0$  の成分を多く含む一方、不要な周波数成分を少なく含み、駆動周波数  $f_0$  成分の検出感度を向上させることになる。

## 【0053】

一方、図 5 (b) に示すように、検出用分極部 7 c を屈曲振動波の腹を中心として非対称に配置した場合、駆動周波数  $f_0$  成分に対して不要周波数成分の振動モードの歪みを生じ易くなり、駆動周波数  $f_0$  成分の検出感度は低下すると共にスプリアス振動を検出し易くなる。

## 【0054】

なお、変形例として、図 4 (b) に示すように、弾性体 6 側に第 1 の分極部 7 a に重ねて屈曲振動波の腹を中心として対称に別個の検出用分極部 10、検出用電極を設けてもよい。この検出用分極部 10 は、例えば、圧電素子 7 と同一材料を用い、対向する第 1 の分極部 7 a と同方向に分極処理している。そして、対向する第 1 の分極部 7 a と同じように歪んで、駆動周波数  $f_0$  を主成分として検出する。

## 【0055】

このような配置をとれば、第 1 の分極部 7 a の励振面積を減少させずに検出面積を十分に確保するので、駆動力を維持するとともに大きな駆動信号を取り出すことができる。

## 【0056】

また、圧電素子 7 の弾性体 6 と反対側の面には、図 3 (a) に示すように、各分割部に対応して、略扇形状の電極 12 を蒸着等の手段で形成し、第 1 の分極部 7 a … 7 a に対応して第 1 の電極パターン 12 a, 12 a, 12 a, 12 a, 12 a、第 2 の分極部 7 b … 7 b に対応して第 2 の電極パターン 12 b, 12 b, 12 b, 12 b, 12 b、検出用分極部 7 c に対応して検出用電極 12 c を形成している。

## 【0057】

また、第 1 の電極パターン 12 a … 12 a は相互にリードで短絡して、圧電素

子リード3の第1リード3aに結線し、第2の電極パターン12b…12bは相互にリードで短絡して第2リード3bに結線されている。一方、弾性体6との接合面には、全面に電極12dを形成している。

【0058】

そして、ロータユニット8を駆動させるときは、図3(c)に示すように、第1の電極パターン12a…12aに信号を入力して励振させ、弾性体6を屈曲振動させて周方向に3波長の屈曲振動波を発生させる。このとき、突起6aは、時計方向へ楕円振動し、ロータ8aに反時計方向への摩擦力を加え、ロータユニット8を反時計方向へ回転させる。

【0059】

なお、時計方向へ駆動させるときは、第2の電極パターン12b…12bに前記励振信号を入力して励振させ、弾性体6に前記屈曲振動波と90°位相の異なる屈曲振動波を発生させる。このとき、突起6aは、反時計方向へ楕円振動し、ロータ8aに時計方向の摩擦力を加え、時計方向にロータユニット8を回転させる。

【0060】

ロータユニット8は、例えば図1、図2に示すように、ロータ8aと、ロータ8aに外接する重錘8bを有している。ロータ8aは、例えば、耐摩耗性に富んだエンジニアリングプラスチックを用いた円盤体であり、上面には押さえばね9を当接させるピボットを設けている。重錘8bは、タングステン等からなり、ロータユニット8の慣性モーメントを向上させて、ロータ8bの回転を遠心力による振動へと変える。

【0061】

押さえばね9は、板ばねを所定の形状に成形したものであり、ロータユニット8のピボットに加圧力を加え、ロータ8aと弾性体6の突起6aとを加圧する。

【0062】

次に、この超音波モータの駆動回路について説明する。

図6は、超音波モータに係わる駆動回路のブロック図を示し、図7は、超音波モータに係わる駆動回路を示す図である。

この駆動回路は、図6に示すように、圧電振動体5、増幅回路13、フィルター回路14からなる。

【0063】

増幅回路13は、図7に示すように、検出用電極12cに入力端を接続されたインバータ13aと、インバータ13aに並列に接続された抵抗13b、およびインバータ13cとインバータ13cに並列に接続された抵抗13dからなる。

フィルター回路14は、一端をインバータ13aの反転出力端に接続し、他端をインバータ13cの入力端に接続した抵抗14bと、一端を抵抗14bと接続し、他端を接地したコンデンサ14cからなり、自励発振回路を形成している。

【0064】

そして、インバータ13aは検出用電極12cにより検出した信号を増幅し、抵抗13bは増幅された駆動信号をインバータ13aの入力端に帰還させて動作点を決定する。コンデンサー14a、抵抗14bは、増幅された駆動信号から駆動周波数成分 $f_0$ 以外の不要周波数成分を取り除き、インバータ13c、抵抗13dから成る増幅回路で増幅され、駆動用電極12aに駆動信号を印加する。

【0065】

次に、図6、図7に基づいて、この超音波モータの動作について説明する。

検出用分極部7cは第1の分極部7aと同じように歪み、検出用電極12cは検出用分極部7cの歪みに伴う圧電効果により生成した駆動信号を検出する。

このとき、検出用分極部7cは、第1の分極部7aと同じように歪む。即ち、屈曲振動波の腹を中心としているので大きく歪み、中心に対して対称に歪むので、不要周波数成分に対して駆動周波数 $f_0$ 成分の大きな駆動信号を検出する。

【0066】

駆動周波数 $f_0$ を主成分とした駆動信号は、インバータ13aの非反転入力端に入力して反転増幅され、この反転増幅された駆動信号は、コンデンサー14a、14c、抵抗14bにより、さらに不要周波数成分を取り除かれ、更にインバータ13cで反転増幅され一方の電極パターン12a…12aに入力される。

【0067】

圧電素子7の第1の分極部7a…7aは、駆動信号により励振されるとともに

、弾性体 6 は屈曲振動され、周方向に 3 波長分の屈曲振動波を発生させる。弾性体 6 上の突起 6 a は、時計方向に楕円振動して、ロータ 8 a に反時計方向の摩擦力を加え、ロータユニット 8 を反時計方向に回転させる。

このとき、駆動周波数  $f_0$  を主成分とした駆動信号は、駆動周波数  $f_0$  で圧電素子 7 の第 1 の分極部 7 a ... 7 a を大きく励振させる一方、不要周波数で圧電素子 7 の第 1 の分極部 7 a ... 7 a をほとんど励振させないことから、スプリアス振動を抑制し、自励発振を安定化させる。

#### 【0068】

以上より、本実施の形態によれば、駆動周波数  $f_0$  を主成分とした信号を検出し、第 1 の分極部 7 a ... 7 a は、駆動周波数  $f_0$  で励振する一方、不要周波数でほとんど励振しないようにしたので、スプリアス振動を抑制し、自励発振を安定化させる。

また、検出用分極部 7 c は、第 1 の分極部 7 a の一部を利用しているので、部材点数を省略し、装置構成の簡略化が図られる。

#### 【0069】

また、検出用分極部 10 は、第 1 の分極部 7 a の励振面積を減少させずに検出面積を十分に確保するので、駆動力を維持するとともに大きな駆動信号の取り出すことができる。

#### 【0070】

#### 《実施の形態 2》

図 8 は、本発明を適用した実施の形態 2 に係わる超音波モータの要部を斜視方向の構造を示す図であり、図 9 は、この超音波モータに係わる圧電振動体、駆動回路のブロック図を示す。

実施の形態 2 は、実施の形態 1 と略同じ構成であり、要部を圧電振動体 16 と、圧電振動体 16 に当接するロータ 19 から構成した点を特徴とする。なお、実施の形態 1 と同じ構成については同一符号を付して説明を省略する。

#### 【0071】

圧電振動体 16 は、弾性体 17 と、弾性体 17 に接合された圧電素子 18 とからなる。弾性体 17 は、円盤体の上面に対して周方向に複数の突起 17 a を設け

ている。また、圧電素子 18 は、図 9 に示すように、実施の形態 1 と同様な本発明の第 1 の駆動用分極部としての第 1 の分極部 18 a … 18 a、本発明の第 2 の駆動用分極部としての第 2 の分極部 18 b … 18 b、検出用分極部 18 c を設ける。さらに、第 1 の分極部 18 a … 18 a に対応して第 1 の電極パターン 21 a … 21 a、第 2 の分極部 18 b … 18 b に対応して第 2 の電極パターン 21 b … 21 b、検出用分極部 18 c に対応して検出用電極 21 c を形成している。

## 【0072】

この検出用分極部 18 c、検出用電極 21 c は、検出用分極部 7 c、検出用電極 12 c と同様に、第 1 の分極部 18 a により弾性体 17 に励振される第 1 の屈曲振動波の腹を中心として対称に配置されている。

ロータ 19 は、円盤体の下面に対し環状に摩擦板 19 a を設け、突起 17 a との摩擦力を向上させている。

## 【0073】

駆動回路は、図 9 に示すように、検出用電極 21 c に入力端を接続し、第 1 の電極パターン 21 a に出力端の一方を接続した増幅回路 22 と、増幅回路 22 の出力端の他方に一端を接続し、第 2 の電極パターンに 21 b に他端を接続した移相回路 23 からなる。ここで、移相回路 23 は、増幅回路 22 により増幅された駆動信号の位相をずらして第 2 の電極パターン 21 b に入力する。

## 【0074】

なお、位相のずらす角度は、適宜選定できるが、高効率で駆動力を得る観点から、 $90^\circ$  に設定する方がよい。

## 【0075】

次に、この超音波モータの動作について説明する。

検出用分極部 18 c は、第 1 の分極部 18 a … 18 a と同じように歪み、検出用電極 21 c は、検出用分極部 18 c の歪みに伴う圧電効果により生成した駆動周波数成分  $f_0$  を主成分とする駆動信号を検出する。

この駆動信号は、増幅回路 22 により、増幅されて第 1 の電極パターン 21 a と移相回路 23 に出力される。移相回路 23 に入力された信号は、例えば、 $90^\circ$  位相をずらされて第 2 の電極パターン 21 b に入力される。

## 【0076】

圧電素子18の第1の分極部18a…18aと第2の分極部18b…18bとは、互いに90°異なる位相で励振される。弾性体17は、第1の分極部18a…18aの励振に基づいた第1の屈曲振動波と、第2の分極部18b…18bの励振に基づいた第1の屈曲振動波と90°位相の異なる第2の屈曲振動波を生じる。この第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とは合成されて周方向への進行波となる。一方、弾性体17上の突起17aは、楕円振動して、ロータ19の摩擦板19aに摩擦力を拡大しつつ加え、ロータ19を所定方向へ回転させる。

## 【0077】

以上より、本実施の形態によれば、検出用分極部18c、検出用電極21cにより、駆動周波数成分f0を主成分とする駆動信号を検出するようにしたので、実施の形態1と同様の効果が得られる。

## 【0078】

## 《実施の形態3》

図10は、本発明を適用した実施の形態3に係わる超音波モータの要部を示す図であり、図11は、この超音波モータの駆動回路のブロック図であり、図12は、圧電振動体25の振動波に対する、検出用分極部27e、検出用電極29cの位置関係を示す図である。

## 【0079】

この超音波モータは、実施の形態1と略同様の構成であり、圧電振動体25と圧電振動体25に当接させた環状のロータ28に特徴を有する。なお、同一の構成については同一符号を付して説明を省略する。

## 【0080】

ここで、圧電振動体25は、弾性体26と弾性体26に接合された圧電素子27からなる。弾性体26は、環状体の上面に複数の突起26aを設けており、また、圧電素子27は、弾性体26に対応した環状であり、図11に示すように、周方向に沿って本発明の第1の駆動用分極部としての第1の分極部27a、本発明の第2の駆動用分極部としての第2の分極部27b、間隙部27c、27d、検出用分極部27eを有している。



## 【0081】

第1の分極部27aは、弾性体26に後述する第1の屈曲振動波を生じさせたときの $3/2$ 波長分に相当し、 $1/2$ 波長分に相当し連続する3つの分割部からなり、それぞれの分割部は厚み方向へ交互に逆方向になるように分極処理を施されている。そして、第1の分極部27aに対応して弾性体26との接合面と反対側の面に第1の駆動用電極パターン29aを形成している。

## 【0082】

一方、第2の分極部27bは、後述する第2の屈曲振動波の $1/2$ 波長分に相当する3つの分割部からなり、各分割部は厚み方向へ交互に逆方向になるように分極処理され、さらに、第2の駆動用電極パターン29bを形成している。そして、この第2の分極部27bの励振により、弾性体26に第1の屈曲振動波と同波長であって $90^\circ$ 位相の異なる第2の屈曲振動波を生じさせる。

## 【0083】

また、間隙部27cは、屈曲振動波の $1/4$ 波長分に相当し、間隙部27dは屈曲振動波の $3/4$ 波長分に相当する。

## 【0084】

検出用分極部27eは、間隙部27dの中で第1の分極部27aに連続して屈曲振動波の $1/2$ 波長分設けられ、第1の分極部27aに対応するように逆方向(一)に分極処理し、さらに、この表面に検出用電極29cを形成している。

この検出用分極部27e、検出用電極29cは、図12に示すように、第1の分極部27aにより弾性体26に第1の屈曲振動波を生じさせた場合、この屈曲振動波の腹を中心として対称に $1/4$ 波長づつ配設された位置関係にある。

## 【0085】

このように、検出用分極部27e、検出用電極29cを第1の分極部27aと別個に設けることで、検出用分極部27eの検出面積を大きく確保できるとともに、第1の分極部27a、第2の分極部27bの励振面積を減少させない。

## 【0086】

駆動回路は、検出用電極29cに入力端を接続し、出力端の一方を第1の駆動用電極パターン29aに接続した増幅回路30と、増幅回路30に出力端の他方

に一端を接続したバッファ回路 31 と、バッファ回路 31 の他端に一端を接続し移相回路 32 と、移相回路 32 の他端に一端を接続し、他端を第 2 の駆動用電極パターン 29b に接続した第 2 の増幅回路 33 とから自励発振回路を形成している。

【0087】

ここで、バッファ回路 31 は、入力インピーダンスは大きく、出力インピーダンスは小さく設定している。そして、増幅回路 30 により増幅された信号の移相回路 32 への入力を減少させるとともに、増幅回路 30 と第 1 の駆動用電極パターン 29a よりなる自励発振ループの信号量を確保している。

また、第 2 の増幅回路 33 は、移相回路 32 により位相のずれた信号を再増幅して第 1 の駆動用電極パターン 29a に入力する信号量と第 2 の駆動用電極パターン 29b に入力する信号量とを略等しくする。

【0088】

次に、この超音波モータの動作について説明する。

検出用分極部 27e は、第 1 の分極部 27a の各分割部と同じように歪み、検出用電極 29c は、検出用分極部 27e の歪みに伴う圧電効果により生成した駆動周波数成分  $f_0$  を主成分とする駆動信号を検出する。

この駆動信号は、増幅回路 30 により、増幅されて第 1 の駆動用電極パターン 29a とバッファ回路 31 に入力される。

【0089】

このとき、バッファ回路 31 により、増幅された駆動信号の移相回路 32 への入力を減少させる一方、第 1 の駆動用電極パターン 29a に入力する信号量を確保することで、移相回路 32 の負荷を減少させるとともに、第 1 の分極部 27a 増幅回路 30 からなる自励発振ループを安定化させている。

バッファ回路 31 から出力された駆動信号は、移相回路 32 により例えば  $90^\circ$  位相をずらされ、第 2 の増幅回路 33 により再び増幅され増幅され、第 2 の駆動用電極パターン 29b に入力される。

【0090】

このとき、第 2 の駆動用電極パターン 29b に入力される信号量は、第 1 の駆

動用電極パターン29aに入力される信号量と略等しくなる。

【0091】

圧電素子27の第1の分極部27aと第2の分極部27bは、互いに90°異なる位相で励振される。弾性体26は、第1の分極部27aの励振に基づいて第1の屈曲振動波を生じ、また、第2の分極部27bの励振に基づいて第1の屈曲振動波と90°位相の異なる第2の屈曲振動波を生じる。この第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とは合成されて周方向への進行波となる。一方、弾性体26上の突起26aは、楕円振動して、ロータ28の摩擦板28aに摩擦力を拡大しつつ加え、ロータ28を所定方向へ回転させる。

【0092】

このとき、第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とは略同じ大きさとなり、弾性体26の突起26aの楕円振動は調整される。

【0093】

以上より、本実施の形態によれば、実施の形態1と同様の効果が得られる他に、検出用分極部27eを第1の分極部27aと別個に設けることで、検出用分極部27e、検出用電極29cの検出面積を大きく確保するようにしたので、大きな信号を検出することができ、また、第1の分極部27a、第2の分極部27bの励振面積を減少させないようにしたので、駆動力は維持される。

【0094】

また、バッファ回路32により、移相回路32への信号入力量を減少させる一方、増幅した信号の第1の駆動用電極パターン29aへの入力量を確保するようにしたので、第1の分極部27a、増幅回路30からなるループの自励発振を安定化させる。

また、第2の増幅回路33により、第1の駆動用パターン29aと第2の駆動用電極パターン29bとに入力する信号量を略同じになるようにしたので、第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とは略同じ大きさになり、楕円振動は調整される。

【0095】

なお、実施の形態3に係わる超音波モータは、以下のように変形してもよい。

図13は、第1の変形の態様に係る駆動回路のブロック図を示し、図14は圧電振動体25の振動に対する検出用分極部27f、検出用電極29dの位置関係を示す図である。

第1の変形の態様では、圧電素子27の間隙部27dに設けた検出用分極部27f、検出用電極29dの位置関係に特徴を有する。

【0096】

即ち、図14に示すように、検出用分極部27fは、間隙部27dのうちで第1の分極部27aにより第1の屈曲振動波を発生させた場合、この屈曲振動波の腹を中心として対称に1/8波長ずつ設けられる。また、第1の分極部27aに対応するように逆方向（-）に分極処理を施し、さらに、検出用分極部27fに対応して検出用電極29dを形成している。

【0097】

このように、検出用分極部27f、検出用電極29dの大きさは適宜選択することができる。

【0098】

図15は、第2の変形の態様に係る駆動回路のブロック図を示す。

第2の変形の態様では、第1の変形の態様に加えて、第1の検出用分極部27g、第1の検出用電極29eと第2の検出用分極部27h、第2の検出用電極29fを設けて、ロータ28を正逆方向へ回動可能にしている。

即ち、第1の検出用分極部27gは、圧電素子27の間隙部27dのうち、第1の分極部27aに連続して周方向へ第1の屈曲振動波の1/2波長分、径方向の外側半分に対して設けられるとともに、逆方向（-）へ分極処理され、また、第1の検出用分極部27gに対応して第1の検出用電極29eが形成されている。即ち、第1の検出用分極部27g、第1の検出用電極29eは第1の屈曲振動波の腹を中心として1/4波長ずつ対称に設けられるとともに、第1の分極部27aのかく分割部と同じように歪む。

【0099】

また、第2の検出用分極部27hは、圧電素子27の間隙部27dのうち、第2の分極部27bに連続して周方向へ第2の屈曲振動波の1/2波長分、径方向

の内側半分に対して設けられるとともに、正方向(+)へ分極処理され、また、第2の検出用電極29fは第2の検出用分極部27hに対応して形成されている。即ち、第2の検出用分極部27h、第2の検出用電極29fは第2の屈曲振動波の腹を中心として1/4波長づつ対称に設けられるとともに、第2の分極部27bと同じように歪む。

## 【0100】

また、駆動回路は、第1の検出用電極29e、第2の検出用電極29fと増幅回路30の入力端との接続を切り換えるSW1と、第1の駆動用電極パターン29a、第2の駆動用電極パターン29bと増幅回路30の出力端との接続を切り換えるSW2と、第1の駆動用電極パターン29a、第2の駆動用電極パターン29bと第2の増幅回路33の出力端との接続を切り換えるSW3を設けている。

## 【0101】

次に、第2の変形の態様に係る超音波モータの動作について説明する。

まず、SW1により、第1の検出用電極29eと増幅回路30の入力端とを接続し、SW2により、増幅回路30の出力端と第1の駆動用電極パターン29aとを接続し、SW3により、第2の増幅回路33の出力端と第2の駆動用電極パターン29bとを接続する。

## 【0102】

このとき、前述したように、圧電素子27の第1の分極部27aと第2の分極部27bは、互いに90°異なる位相で励振される。弾性体26には、第1の分極部27aの励振に基づいて第1の屈曲振動波を生じ、また、第2の分極部27bの励振に基づいて第1の屈曲振動波に対して90°位相の遅れた第2の屈曲振動波を生じる。

## 【0103】

この第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とは合成されて反時計方向への進行波となる。弾性体26上の突起26aは、反時計方向に楕円振動して、ロータ28の摩擦板28aに摩擦力を拡大しつつ加え、ロータ28を時計方向へ回転させる。

【0104】

次に、SW1により、第2の検出用電極29fと増幅回路30の入力端とを接続し、SW2により、増幅回路30の出力端と第2の駆動用電極パターン29bとを接続し、SW3により、第2の増幅回路33の出力端と第1の駆動用電極パターン29aとを接続する。

第2の検出用電極29fは第2の検出用分極部27hの歪みにより生成した駆動信号を検出する。この駆動信号は、増幅回路30により増幅されて、第2の駆動用電極パターン29bとバッファ回路31とに入力される。

【0105】

バッファ回路31から出力された駆動信号は、移相回路32により90°位相をずらされ、第2の増幅回路33により増幅され、第1の駆動用電極パターン29aに入力される。

【0106】

このとき、圧電素子27の第1の分極部27aと第2の分極部27bは、互いに90°異なる位相で励振される。弾性体26は、第1の分極部27aの励振に基づいて第1の屈曲振動波を生じ、また、第2の分極部27bの励振に基づいて第1の屈曲振動波に対して90°位相の進んだ第2の屈曲振動波を生じる。

この第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とは合成されて時計方向への進行波となる。一方、弾性体26上の突起26aは、時計方向に楕円振動して、ロータ28の摩擦板28aに摩擦力を拡大しつつ加え、ロータ28を反時計方向へ回転させる。

【0107】

以上より、SW1、SW2、SW3の切り換えにより、ロータ28は、第1の検出用分極部27g、第1の検出用電極29eにより検出した駆動信号に基づいて、時計方向に回転され、また、ロータ28は、第2の検出用分極部27h、第2の検出用電極29fにより検出した駆動信号に基づいて、反時計方向に回転される。

【0108】

《実施の形態4》

図 16 は、本発明を適用した実施の形態 4 に係わる超音波モータの平面構造を示し、図 17 は、積層した各圧電振動体の構造と、駆動回路を示す。

この超音波モータは、圧電振動体 35 と、圧電振動体 35 の縁部に設けた振動拡大用の出力取り出し部材 36 とからなり、出力取り出し部材 36 の先端は図示しない移動体に当接されている。

【0109】

ここで、圧電振動体 35 は、図 17 に示すように、第 1 の圧電振動体 37 と、第 1 の圧電振動体 37 の厚み方向へ積層させた第 2 の圧電振動体 38 とからなる。

第 1 の圧電振動体 37 は、圧電材料を用いて成形した矩形板であり、全面に対して厚み方向へ積層面を負、積層面と反対側の面を正とした電界を印加して本発明の第 1 の駆動用分極部としての分極部 37a とし、この分極部 37a の厚み方向の積層面に対し反対側の面に駆動電極 41 を形成し、他方の面に図示しない対極を形成している。そして、分極部 37a を励振させて、図中実線に示すような、伸縮振動波 A を生じさせる。

【0110】

第 2 の圧電振動体 38 は、第 1 の圧電振動体 37 と同様の矩形状であり、長辺、および短辺を 2 等分して、本発明の第 2 の駆動用分極部としての第 1 の分極部 38a、第 2 の分極部 38b を対角線上に設け、別の対角線上に第 3 の分極部 38c、第 4 の分極部 38d を設けている。ここで、第 1 の分極部 38a、第 2 の分極部 38b、第 3 の分極部 38c、第 4 の分極部 38d は、積層面を負、積層面と反対側の面を正とした電界を印加して分極処理を施している。

【0111】

また、検出用分極部 38e は、第 1 の分極部を 38a の一部を利用して、後述する屈曲振動波 B の腹を中心として対称に設けられており、駆動周波数  $f_0$  を主成分とした駆動信号を検出するとともに、第 1 の分極部 38a の一部を利用しているため、部材点数を省略することができる。

【0112】

また、第 1 の分極部 38a に対応して積層面と反対側の面に第 1 の駆動電極 4

2 a を形成し、第 2 の分極部 3 8 b に対応して第 2 の駆動電極 4 2 b を形成し、第 1 の駆動電極 4 2 a と第 2 の駆動電極 4 2 b はリードで接続されている。また、検出用分極部 3 8 e に対応して検出用電極 4 3 a が形成されている。

そして、第 1 の分極部 3 8 a と第 2 の分極部 3 8 b とを励振させると、第 1 の分極部 3 8 a、第 2 の分極部 3 8 b が長手方向に伸びたとき、第 3 の分極部 3 8 c、第 4 の分極部 3 8 d は相対的に縮むことになる一方、第 1 の分極部 3 8 a、第 2 の分極部 3 8 b が長手方向に縮むとき、第 3 の分極部 3 8 c、第 4 の分極部 3 8 d は相対的に伸びることになり、全体として実線に示す屈曲振動波 B を生じる。

#### 【0113】

駆動回路は、図 1 7 に示すように、検出用電極 4 3 a に増幅回路 3 9 の入力端を接続し、増幅回路 3 9 の出力端を駆動電極 4 1 と第 2 の駆動電極 4 2 b とに接続して自励発振回路を形成している。

#### 【0114】

次に、図 1 7 に基づいて、この超音波モータの動作について説明する。

検出用分極部 3 8 e は、第 1 の分極部 3 8 a と同じように歪み、検出用電極 4 3 a は、検出用分極部 3 8 e の歪みに伴う圧電効果により生成した駆動周波数  $f_0$  を主成分とする駆動信号を検出する。

この駆動信号は、増幅回路 3 9 により増幅されて、第 1 の圧電振動体 3 7 の駆動用電極 4 1 に入力され、第 2 の圧電振動体 3 8 の第 2 の駆動用電極 4 2 b に帰還される。

#### 【0115】

このとき、第 1 の圧電振動体 3 7 の分極部 3 7 a は励振され、第 1 の圧電振動体 3 7 は、伸縮振動波 A を生じる。一方、第 2 の圧電振動体 3 8 の第 1 の分極部 3 8 a と第 2 の分極部 3 8 b は励振され、第 2 の圧電振動体 3 8 は、全体として、屈曲振動波 B を生じる。そして、出力取り出し部材 3 6 は、伸縮振動波 A と屈曲振動波 B と合成した図 1 6 中に実線示す橢円振動 C を行い、周期的に図示しない移動体に当接して一方向へ摩擦力を加え、移動体を移動させる。

#### 【0116】



以上より、本実施の形態によれば、所望の振動モードにおいて検出信号が大きくなるように検出用分極部 38e、検出用電極 43a を第 2 の圧電振動体 38 の屈曲振動波 B の腹を中心として対称に設け、駆動周波数成分  $f_0$  を主成分とした駆動信号を検出するようにしたので、スプリアス振動を抑制するとともに、自励発振を安定化させる。また、第 1 の分極部 38a の一部を利用して検出用分極部 38e、検出用電極 43a を設けるようにしたので、装置構成の小型化が図られる。

## 【0117】

なお、実施の形態 4 に係わる超音波モータは、以下のように変形してもよい。

図 18 は、実施の形態 4 に係わる第 1 の変形の態様を示す図である。

第 1 の変形の態様において、検出用分極部 37b は、第 1 の圧電振動子 37 の分極部 37a の中心部であって、伸縮振動波 A の節を中心として長手方向へ対称に設け、検出用分極部 37b に対応して検出用電極 43b を形成している。

## 【0118】

このように歪みをもっとも大きくなる位置に検出用分極部 37c、検出用電極 43c を配置すれば、検出用分極部 37c は対称に歪むので、駆動信号は、不要周波数成分に対して駆動周波数  $f_0$  成分を大きく検出される。

## 【0119】

図 19 は、実施の形態 4 に係わる第 2 の変形の態様を示す図である。

第 2 の変形の態様において、検出用分極部 37c、検出用電極 43c は、第 1 の圧電振動体 37 の分極部 37a の長縁部であって、伸縮振動波 A の節を中心として長手方向へ対称に設けている。

## 【0120】

図 20 は、実施の形態 4 に係わる第 3 の変形の態様を示す図である。

第 3 の変形の態様において、第 1 の検出用分極部 38f は第 3 の分極部 38c 全体を利用して設けられ、第 1 の検出用電極 43d は、第 1 の検出用分極部 38f に対応して形成されている。第 2 の検出用分極部 38g は、第 4 の分極部 38d 全体を利用して設けられ、第 2 の検出用分極部 38g に対応して第 2 の検出用電極 43e を形成している。また、第 1 の検出用電極 43d と第 2 の検出用電極

43eとはリードで接続されている。

【0121】

即ち、第1の検出用分極部38f、第1の検出用電極43d、第2の検出用分極部38g、第2の検出用電極43eは、屈曲振動波Bの腹を中心として対称に設けられている。

このように、使用していない分極部38c、38dを第1の検出用分極部38f、第2の検出用分極部38gに利用しているので、第1の分極部38a、第2の分極部38bの励振面積を減少させずに、検出面積を十分確保することができる。

【0122】

また、SW4により、第1の検出用電極43dに切り換えたとき、SW5により、増幅回路39と第2の駆動電極42bとを接続し、また、SW4により、第1の駆動電極42aに切り換えたとき、SW5により、増幅回路39と第2の検出用電極43eとを接続する。

【0123】

そして、SW4により第1の検出用電極43d、SW5により第2の駆動電極42bに切り換えた場合、圧電振動体35は、伸縮振動波Aと屈曲振動波Bとにより出力取り出し部材36は、楕円振動Cして移動体を正方向へ移動させる。

一方、SW4により第1の駆動電極42a、SW5により第2の検出用電極43eに切り換えた場合、第1の分極部38a、第1の駆動電極42aは、駆動信号を検出し、この駆動信号は、増幅回路39により増幅され、第1の圧電振動体37の駆動電極41に入力されるとともに、第2の検出用電極43eに帰還される。このとき、第2の圧電振動体38は屈曲振動波Bに対し180°位相の異なる屈曲振動波を生じ、出力取り出し部材36は楕円振動Cとは反対方向へ楕円振動し、移動体を逆方向へ移動させる。

【0124】

図21は、実施の形態4に係わる第4の変形の態様を示す図である。

第4の変形の態様では、実施の形態4に加えて、増幅回路39と第1の圧電振動体37の駆動電極37aとの間にバッファ回路45、移相回路46、第2の増

幅回路 47 を設けている。

そして、検出用電極 43a より検出された駆動信号は、増幅回路 39 により増幅され、第 2 の圧電振動体 38 の第 1 の駆動電極 42a に入力される一方、移相回路 46 により位相をずらされ、再び第 2 の増幅回路 47 により増幅されて第 1 の圧電振動体 37 の駆動電極 41 に入力される。

【0125】

このとき、第 1 の圧電振動体 37 の分極部 37a は、第 2 の圧電振動体 38 の第 1 の分極部 38a、第 2 の分極部 38b に対し、位相をずらして励振する。そして、出力取り出し部材 36 は、伸縮振動波 A に対し位相のずれた伸縮振動波と屈曲振動波 B とにより、楕円振動 C と異なる軌跡の楕円振動を行う。これにより、移動体へ加わる摩擦力も変化し、駆動力は調整される。

【0126】

図 22 は、実施の形態 4 に係わる第 5 の変形の態様を示す図である。

第 5 の変形の態様では、第 3 の変形の態様に加えて、増幅回路 39 と第 1 の圧電振動体 37 の駆動電極 37a との間にバッファ回路 45、移相回路 46、第 2 の増幅回路 47 を設けている。

そして、第 1 の検出用電極 43d、第 2 の検出用電極 43e により検出された駆動信号は、増幅回路 39 により増幅される。増幅された一方の駆動信号は、第 2 の駆動電極 42b に帰還され、他方の駆動信号は、移相回路 46 により位相をずらされ、第 2 の増幅回路 47 により再び増幅されて、第 1 の圧電振動体 37 の駆動電極 41 に入力される。

【0127】

これによれば、第 4 の変形の態様と同様に駆動力を調整することができる。

【0128】

図 23 は、実施の形態 4 に係わる第 6 の変形の態様を示す図である。

第 6 の変形の態様は、第 1 の圧電振動体 37、第 2 の圧電振動体 38、にさらに信号検出用の第 3 の圧電振動体 48 を積層させている。

この第 3 の圧電振動体 48 は、第 1 の圧電振動体 37 と同様の分極処理を施した検出用分極部 48a を有し、この検出用分極部 48a に対応して検出用電極 4

3 f を形成している。即ち、検出用分極部 4 8 a、検出用電極 4 3 f は伸縮振動波 A の節を中心として対称に設けられている。

【0129】

また、検出用電極 4 3 f は増幅回路 3 9 の入力端に接続し、増幅回路 3 9 の出力端は、第 1 の圧電振動体 3 7 の駆動電極 4 1 と第 2 の圧電振動体 3 8 の第 1 の駆動電極 4 2 a に接続して自励発振回路を形成している。

このように、検出用分極部 4 8 a を第 1 の圧電振動体 3 7 とは別個に設けることで、励振面積を減少させずに検出面積を確保すると共に、駆動電極と同じ形状とすることにより、駆動電極で励振される振動モードの周波数成分の信号を効率よく検出することができる。

【0130】

そして、検出用分極部 4 8 a は、第 1 の圧電振動体 3 7 の分極部 3 7 a と同じように歪み、検出用電極 4 3 f は、検出用分極部 4 8 a の歪みに伴う圧電効果により生成した駆動周波数  $f_0$  を主成分とする信号を検出する。この駆動信号は、増幅回路 3 9 により増幅されて第 1 の圧電振動体 3 7 の駆動電極 4 1 と第 2 の圧電振動体 3 8 の第 1 の駆動電極 4 2 a とに入力される。

【0131】

図 2 4 は、実施の形態 4 に係わる第 7 の変形の態様を示す図である。

第 7 の変形の態様では、第 6 の変形の態様と同様に、第 2 の圧電振動体 3 8 に信号検出用の第 3 の圧電振動体 4 9 を積層させている。

第 3 の圧電振動体 4 9 は、第 2 の圧電振動体 3 8 と同様の分極処理して、第 1 の検出用分極部 4 9 a、第 2 の検出用分極部 4 9 b を設け、これらに対応して第 1 の検出用電極 4 3 g、第 2 の検出用電極 4 3 h を形成している。第 1 の検出用電極 4 3 g と第 2 の検出用電極 4 3 h とはリードで接続されている。

【0132】

また、第 1 の検出用電極 4 3 g、第 2 の検出用電極 4 3 h は、増幅回路 3 9 の入力端に接続され、増幅回路 3 9 の出力端は第 1 の圧電振動体 3 7 の駆動電極 4 1 と第 2 の圧電振動体 3 8 の第 1 の駆動電極 4 2 a に接続する。

【0133】

そして、第3の圧電振動体49の第1の検出用分極部49a、第2の検出用分極部49bは、第2の圧電振動体38の第1の分極部38a、第2の分極部38bに対して同じように歪む。第1の検出用電極43g、第2の検出用電極43hは、第1の検出用分極部49a、第2の検出用分極部49bの歪みに伴う圧電効果により生成した駆動周波数 $f_0$ を主成分とする駆動信号を検出する。この駆動信号は、増幅回路39により増幅されて第1の圧電振動体37の駆動電極41と第2の圧電振動体38の第1の駆動電極42aとに入力される。

【0134】

## 《実施の形態5》

図25は、本発明を適用した実施の形態5に係わる超音波モータの側面構造を示す図であり、図26は、この超音波モータの各圧電素子の構造、駆動回路のブロック図を示す。

この超音波モータは、圧電振動体55と、圧電振動体55の上方に設けたロータ60からなる。

【0135】

圧電振動体55は、縦振動用圧電素子56と、縦振動用圧電素子56の一方の面に接合したねじり振動用圧電素子57と、縦振動用圧電素子56の他方の面に接合した円柱状の第1の弾性体58と、ねじり振動用圧電素子57に接合した円柱状の第2の弾性体59からなる。

【0136】

ここで、縦振動用圧電素子56は、円盤体の全域に対し、厚み方向へねじり振動用圧電素子57との接合面を負、この接合面に対向する面を正とした電界を印加して分極処理を施し、本発明の駆動用分極部としての分極部56aとしている。図26において、接合面と反対側の略全面には、駆動電極61aを形成し、この接合面に対極61bを形成している。さらに、周縁の一部を利用して信号検出用の検出用分極部56bを設け、これに対応して検出用電極63を形成している。そして、駆動電極61aと対極61bの間に信号を入力すると、検出用分極部56bは、分極部56aの厚み方向へ縦振動にともなって歪み、検出用電極63は検出用分極部56bの歪みに基づいて生成される駆動信号を検出する。

## 【0137】

このような、検出用分極部 56b、検出用電極 63 によれば、分極部 56a の一部に設けているので、駆動用分極部 56a、検出用分極部 56b は共に縦振動方向へ均一に歪み、駆動周波数  $f_0$  を主成分とする駆動信号を検出することができる。

## 【0138】

ねじり振動用圧電素子 57 は、例えば扇形状の 6 つの第 1 の分極部 57a、第 2 の分極部 57b、第 3 の分極部 57c、第 4 の分極部 57d、第 5 の分極部 57e、第 6 の分極部 57f を周方向に接合した円盤体である。それぞれの分極部 57a...57f は、例えば時計方向に向かって正方向の分極処理を施されており、接合面と反対側の全面に駆動電極 62a を形成し、この接合面に対極 62b を形成している。そして、駆動電極 62a と対極 62b との間に信号を入力すると、各分極部 57a...57f は周方向へ同位相のすべり振動を行い、全体として周方向のねじり振動を行う。

## 【0139】

駆動回路は、検出用電極 63 に入力端を接続し、出力端の一方に駆動電極 61a を接続した増幅回路 64 と、増幅回路 64 の出力端の他方に一端を接続したバッファ回路 65 と、バッファ回路 65 の他端に一端を接続した移相回路 66 と、移相回路 66 の他端に一端を接続し、駆動電極 62a に他端を接続した第 2 の増幅回路 67 とからなる。

## 【0140】

次に、図 26、27 に基づいて、この超音波モータの動作について説明する。図 27 は、この超音波モータの動作と各圧電素子の振動変位の関係を示す図である。

図 26 において、検出用分極部 56b は、分極部 56a の厚み方向への振動にともなって歪み、検出用電極 63 は、検出用分極部 56b の歪みに基づいて駆動信号を検出する。

## 【0141】

このとき、検出用分極部 56b は、分極部 56a と同じように縦振動方向へ均

一に歪むので、不要周波数成分に対して駆動周波数  $f_0$  成分の大きな駆動信号を検出する。

この駆動信号は、増幅回路 64 により増幅されて縦振動用圧電素子 56 の駆動電極 61a とバッファ回路 65 とに入力される。

【0142】

バッファ回路 65 に入力された信号は、移相回路 66 により例えば、位相を  $90^\circ$  ずらされ、第 2 の増幅回路 67 により増幅されてねじり用圧電素子 57 の駆動電極 62a に入力される。

【0143】

このとき、縦振動用圧電素子 56 の分極部 56a は厚み方向へ縦振動し、各弾性体 58, 59 に縦振動波を生じる一方、ねじり用圧電素子 57 の各分極部 57a...57f は周方向にすべり振動し、各弾性体 58, 59 にねじり振動波を生じる。図 27 において、この縦振動波とねじり振動波の振動変位は時間的に  $90^\circ$  ずれているため、ロータ 60 に対向する圧電振動体 55 端面の各点は楕円振動し、ロータ 60 に周方向の摩擦力を加え、ロータ 60 を回転させる。

【0144】

また、検出用電極 63 はねじり用圧電素子 57 に設けても構わないし、設ける位置も周縁に限らず、同一面内であればどこでも構わない。

【0145】

以上より、本実施の形態によれば、検出用分極部 56b、検出用電極 63 は縦振動方向へ均一に歪んで駆動周波数成分を主成分とする信号を検出するようにしたので、スプリアス振動を抑制するとともに、自励発振を安定化させる。

【0146】

#### 《実施の形態 6》

図 28 は、本発明を適用した実施の形態 6 に係わる超音波モータを示し、(a) は圧電振動体の斜視構造、駆動回路のブロック図を示し、(b) は圧電振動体の平面構造を示す。

圧電振動体 70 は、図 28 (a) に示すように、内部を中空とした円柱体の周方向へ 4 等分して、本発明の第 1 の駆動用分極部としての第 1 の分極部 70a、

第2の分極部70b、本発明の第2の駆動用分極部としての第3の分極部70c、第4の分極部70dを設ける。

## 【0147】

図28(b)において、第1の分極部70a、第3の分極部70cは、例えば、内周を正、外周を負の電界を印加して分極処理され、第2の分極部70b、第4の分極部70dは、例えば、内周を負、外周を正の電界を印加して分極処理されている。

また、第1の分極部70aの一部に、後述する長手方向への第1の屈曲振動波の腹を中心として対称に、検出用分極部70eを設けている。そして、第1の分極部70aに対応して第1の駆動電極71aを形成し、検出用分極部70eに対応して検出用電極72を形成している。

## 【0148】

また、第2の分極部70b、第3の分極部70c、第4の分極部70dの外面には、第2の駆動電極71b、第3の駆動電極71c、第4の駆動電極71dを形成し、円筒体の内面には、対極71eを形成している。

## 【0149】

駆動回路は、検出用電極72に入力端を接続し、出力端を第1の駆動電極71a、第2の駆動電極71bに接続した増幅回路73と、増幅回路73の出力端に一端を接続したバッファ回路74と、バッファ回路74の他端に一端を接続した移相回路75と、移相回路75の他端に入力端を接続し、第3の駆動電極71cと第4の駆動電極71dに出力端を接続した第2の増幅回路76からなる。

## 【0150】

次に、図28、図29に基づいて、この超音波モータの動作について説明する。

図29は、実施の形態6に係わる超音波モータの圧電振動体70の動作を説明する図である。

図28(a)において、検出用分極部70eは、第1の分極部70aと同じように歪み、検出用電極72は検出用分極部70dの歪みに伴い生成された駆動周波数を主成分とする駆動信号を検出する。この駆動信号は、増幅回路73により



増幅されて第1の駆動電極71a、第2の駆動電極71b、バッファ回路74に  
入力される。

【0151】

バッファ回路74に入力された信号は、移相回路75により例えば、位相を90°ずらされて第2の増幅回路76に入力され、第2の増幅回路76により増幅されて第3の駆動電極71c、第4の駆動電極71dに入力される。

【0152】

このとき、第1の分極部70aと第2の分極部70bは、互いに180°異なる位相で横振動し、第1の分極部70aが最大に伸びたとき、第2の分極部71bは最大に縮む。そして、圧電振動体70は全体で第1の屈曲振動波を生じる。

一方、第3の分極部70c、第4の分極部70dは、互いに180°異なる位相で横振動するとともに、第1の分極部70a、第2の分極部70bに対してそれぞれ位相90°ずれているので、圧電振動体70は、全体で第1の屈曲振動波に対して直交し且つ90°位相の異なる第2の屈曲振動波を生じる。

【0153】

さらに、図29(a)、(b)、(c)、(d)に示すように、圧電振動体70上端面の最大変位点は、この第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とにより、周方向へ回転するとともに楕円振動し、ロータ77に摩擦力を加え、ロータ77を回転させる。

【0154】

以上より、本実施の形態によれば、検出用分極部70e、検出用電極72を駆動用分極部70a、70bによって励振される屈曲振動波の腹を中心に対称となるようにもうけることにより駆動周波数f0を主成分とする駆動信号を検出するようにし、また、バッファ回路74、第2の増幅回路76を設けたので、実施の形態2と同様の効果が得られる。

【0155】

《実施の形態7》

図30は、本発明を適用した実施の形態7に係わる超音波モータを示し、(a)は圧電振動体80の斜視構造、(b)は駆動回路のブロック図を示す。

この超音波モータの圧電振動体 80 は、図 30 (a) に示すように、円盤状の駆動用圧電素子 81 と、駆動用圧電素子 81 に接合した円盤状の検出用圧電素子 82 と、駆動用圧電素子 81 に検出用圧電素子 82 の反対側で接合した円柱状の第 1 の弾性体 83 と、検出用圧電素子 82 に接合した円柱状の第 2 の弾性体 84 からなる。

## 【0156】

ここで、駆動用圧電素子 81 は、円盤体を周方向へ 4 等分し、本発明の駆動用分極部としての第 1 の分極部 81 a、第 2 の分極部 81 b、第 3 の分極部 81 c、第 4 の分極部 81 d を設ける。第 1 の分極部 81 a、第 3 の分極部 81 c は、厚み方向に第 1 の弾性体 83 側を正、検出用圧電素子 82 側を負とした分極処理され、第 1 の弾性体 83 側の面に第 1 の駆動電極 85 a、第 3 の駆動電極 85 c を形成し、検出用圧電素子 82 側の面に対極を設けている。

## 【0157】

第 2 の分極部 81 b、第 4 の分極部 81 d は、厚み方向に第 1 の弾性体 83 側を負、検出用圧電素子 82 側を正として分極処理され、第 1 の弾性体 83 側の面に第 2 の駆動電極 85 b、第 4 の駆動電極 85 d を形成し、検出用圧電素子 82 側の面に対極を設けている。

## 【0158】

検出用圧電素子 82 は、駆動用圧電素子 81 と同様に分極処理された本発明の検出用分極部としての第 1 の検出用分極部 82 a、第 2 の検出用分極部 82 b と、第 3 の分極部 82 c、第 4 の分極部 82 d とを設けている。また、第 1 の検出用分極部 82 a に対応して駆動用圧電素子 81 側の面に第 1 の検出用電極 86 a を形成し、第 2 の検出用分極部 82 b に対応して第 2 の検出用電極 86 b を形成し、第 2 の弾性体 84 側の面に対極を形成している。

## 【0159】

このように、第 1 の分極部 81 a、第 2 の分極部 81 b に重ねて第 1 の検出用分極部 82 a、第 2 の検出用分極部 82 b を設けることにより、第 1 の検出用分極部 82 a、第 2 の検出用分極部 82 b は、第 1 の分極部 81 a、第 2 の分極部 81 b の縦振動にともなって、縦振動方向に第 1 の分極部 81 a、第 2 の分極部

81bと同じように均一に歪むことになる。また、第1の分極部81a、第2の分極部81bの励振面積を減少させずに、検出用分極部82a、82bの面積を広く確保できる。

【0160】

駆動回路は、第1の検出用電極86a、第2の検出用電極86bに入力端を接続し、第1の駆動電極85a、第2の駆動電極85bに出力端を接続した増幅回路87と、増幅回路87の出力端の一方に一端を接続したバッファ回路88と、バッファ回路88の他端に一端を接続した移相回路89と、移相回路89の他端に一端を接続し、他端を第3の駆動電極85c、第4の駆動電極85dに接続した第2の増幅回路91からなる。

【0161】

次に、この超音波モータの動作について説明する。

第1の検出用分極部82a、第2の検出用分極部82bは、第1の分極部81a、第2の分極部81bの縦振動にともなって、縦振動方向に第1の分極部81a、第2の分極部81bと同じように均一に歪む。第1の検出用電極86a、第2の検出用電極86bは、第1の検出用分極部82a、第2の検出用分極部82bの歪みに伴い生成された駆動周波数を主成分とする駆動信号を検出する。

【0162】

この駆動信号は、増幅回路87により増幅されて第1の駆動電極85a、第2の駆動電極85b、バッファ回路88に入力される。

バッファ回路88に入力された信号は、移相回路89により例えば、位相を90°ずらされて第2の増幅回路91に入力され、第2の増幅回路91により増幅されて第3の駆動電極85c、第4の駆動電極85dに入力される。

【0163】

このとき、駆動用圧電素子81の第1の分極部81aと第2の分極部81bは、互いに180°異なる位相で厚み方向へ縦振動し、圧電振動体80は、全体として第1の屈曲振動波を生じる。

一方、第3の分極部81c、第4の分極部81dは、互いに180°異なる位

相で厚み方向へ縦振動するとともに、第1の分極部81a、第2の分極部81bの振動に対して位相90°ずれて振動する。圧電振動体80は、全体で第1の屈曲振動波に対して直交し且つ90°位相の異なる第2の屈曲振動波を生じる。

【0164】

さらに、この第1の屈曲振動波と第2の屈曲振動波とを合成すると、圧電振動体80上端面の最大変位点は、周方向へ回転するとともに楕円振動して、ロータに摩擦力を加え、ロータを回転させる。

【0165】

以上より、本実施の形態によれば、第1の検出用分極部82a、第2の検出用分極部82bは、第1の分極部81a、第2の分極部81bの縦振動にともなって、縦振動方向に第1の分極部81a、第2の分極部81bと同じように均一に歪むようにし、駆動周波数f0を主成分とする駆動信号を検出するようにしたので、スプリアス振動を抑制し、自励発振を安定化させる。また、駆動用圧電素子の81の駆動面積を減少させず、検出用電極86a、86bの面積を広く確保するようにしたので、駆動力は維持される。

【0166】

#### 《実施の形態8》

図31は本発明に係わる超音波モータを電子機器に適用した実施の形態8のブロック図を示す。

本電子機器は、上述の圧電振動体95と、圧電振動体95により移動される移動体96と、移動体96と圧電振動体95に押圧力を加える加圧機構97と、移動体96と連動して可動する伝達機構98と、伝達機構98の動作に基づいて運動する出力機構99を備えることにより実現する。

【0167】

ここで、伝達機構98には、例えば、歯車、摩擦車等の伝達車を用いる。出力機構99には、例えば、カメラにおいてはシャッタ駆動機構、レンズ駆動機構を、電子時計においては指針駆動機構、カレンダー駆動機構を、工作機械においては刃具送り機構、加工部材送り機構等を用いる。

本実施の形態に係わる超音波モータ付電子機器としては、例えば、電子時計、

計測器、カメラ、プリンタ、印刷機、工作機械、ロボット、移動装置などにおいて実現される。

【0168】

また、移動体 96 に出力軸を取り付け、出力軸からトルクを伝達するための動力伝達機構を有する構成にすれば、超音波モータ自体で駆動機構が実現される。

【0169】

【発明の効果】

以上より、本発明によれば、検出用分極部は、屈曲振動波の腹を中心としているので大きな駆動周波数の信号を検出し、また、中心に対して対称に歪むので、不要周波数成分に対して駆動周波数成分を大きく検出する。即ち、大きな駆動周波数の信号と小さな不要周波数成分の信号とからなる駆動信号を検出するようにしたので、スプリアス振動は抑制され、圧電振動体の自励発振は安定化される。

【0170】

また、駆動用分極部の励振面積を減少させずに検出用分極部の検出面積を十分に確保するようにしたので、駆動力を維持するとともに大きな駆動信号の取り出すことができる。

【0171】

また、増幅された信号を減少させて移相回路へ出力する一方、自励発振ループ内の信号量を保つようにしたので、移相回路の負荷を減少させるとともに自励発振ループのゲインを維持し、複数の入力信号で駆動される超音波モータの安定な自励発振駆動を可能とする。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用した実施の形態 1 に係わる超音波モータの斜視図である。

【図 2】

図 1 に係わる超音波モータの分解斜視図である。

【図 3】

図 1 に係わる超音波モータの電極パターンの平面構造、突起の配置、突起の動作を示す図である。

【図 4】

図 1 に係わる超音波モータの検出用分極部の配置を示す図であり、(a) は第 1 の検出分極部の一部に配設した場合、(b) は第 1 の分極部に対応させて別個に設けた場合を示す。

【図 5】

図 1 に係わる超音波モータの検出用分極部により検出される駆動信号の周波数成分を示す。

【図 6】

図 1 に係わる超音波モータの駆動回路のブロック図を示す。

【図 7】

図 1 に係わる係わる超音波モータの駆動回路を示す図である。

【図 8】

本発明を適用した実施の形態 2 に係わる超音波モータの要部の斜視図である。

【図 9】

図 8 に係わる超音波モータの駆動回路のブロック図である。

【図 10】

本発明を適用した実施の形態 3 に係わる超音波モータの要部を示す図である。

【図 11】

図 10 に係わる超音波モータの駆動回路のブロック図である。

【図 12】

図 10 に係わる振動体の振動に対する検出用分極部、検出用電極の位置関係を示す図である。

【図 13】

図 10 に係わる第 1 の変形の態様の駆動回路のブロック図を示す。

【図 14】

図 13 に係わる圧電振動体の振動に対する検出用分極部、検出用電極の位置関係を示す図である。

【図 15】

図 10 に係わる第 2 の変形の態様の駆動回路のブロック図を示す。

【図 16】

本発明を適用した実施の形態 4 に係わる超音波モータの平面構造を示す図である。

【図 17】

図 16 に係わる積層した各圧電振動体と駆動回路を示す図である。

【図 18】

図 16 に係わる第 1 の変形の態様の各圧電振動体と駆動回路を示す図である。

【図 19】

図 16 に係わる第 2 の変形の態様の各圧電振動体と駆動回路を示す図である。

【図 20】

図 16 に係わる第 3 の変形の態様の各圧電振動体と駆動回路を示す図である。

【図 21】

図 16 に係わる第 4 の変形の態様の各圧電振動体と駆動回路を示す図である。

【図 22】

図 16 に係わる第 5 の変形の態様の各圧電振動体と駆動回路を示す図である。

【図 23】

図 16 に係わる第 6 の変形の態様の各圧電振動体と駆動回路を示す図である。

【図 24】

図 16 に係わる第 7 の変形の態様の各圧電振動体と駆動回路を示す図である。

【図 25】

本発明を適用した実施の形態 5 に係わる超音波モータの側面構造を示す図である。

【図 26】

図 25 に係わる超音波モータの各圧電素子の構造、駆動回路のブロック図を示す。

【図 27】

図 25 に係わる超音波モータの動作と各圧電素子の振動変位の関係を示す図である。

【図 28】

本発明を適用した実施の形態 6 に係わる超音波モータを示し、(a) は圧電振動体の斜視構造、駆動回路のブロック図を示し、(b) は圧電振動体の平面構造を示す。

【図 29】

(a)、(b)、(c)、(d) は図 28 に係わる超音波モータの圧電振動体の動作を説明する図である。

【図 30】

本発明を適用した実施の形態 7 に係わる超音波モータを示し、(a) は圧電振動体の斜視構造、(b) は駆動回路のブロック図を示す。

【図 31】

本発明に係わる超音波モータを適用した実施の形態 8 に係わる超音波モータ付き電子機器を示す図である。

【図 32】

第 1 の従来例に係わる超音波モータ、その自励発振回路を示す図である。

【図 33】

第 2 の従来例に係わる超音波モータ、その自励発振回路を示す図である。

【符号の説明】

5, 16, 25	圧電振動体
6, 17, 26	弾性体
7, 18, 27	圧電素子
7a, 18a, 27a	第 1 の分極部 (第 1 の駆動用分極部)
7b, 18b, 27b	第 2 の分極部 (第 2 の駆動用分極部)
7c, 10, 18c, 27e, 27f	検出用分極部
27g	第 1 の検出用分極部
27h	第 2 の検出用分極部
13, 22, 30	増幅回路
23, 32	移相回路
31	バッファ回路
33	第 2 の増幅回路

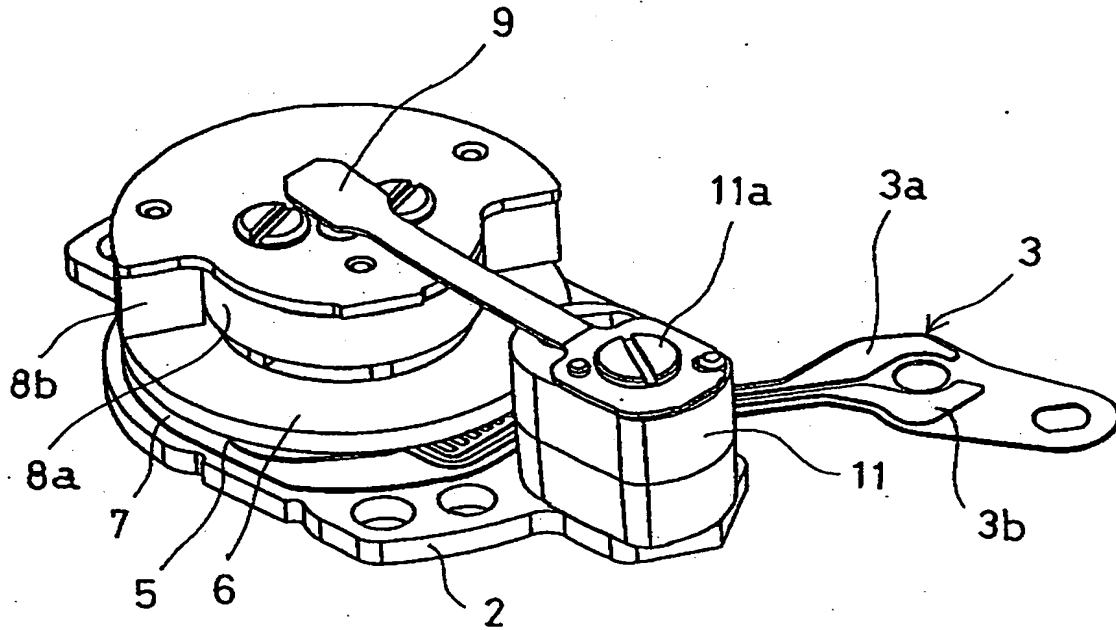


- 35 圧電振動体
- 37a 分極部 (第1の駆動用分極部)
- 38a 第1の分極部 (第2の駆動用分極部)
- 38b 第2の分極部 (第2の駆動用分極部)
- 37b, 37c, 38e, 48a 検出用分極部
- 38f, 49a 第1の検出用分極部 (検出用分極部)
- 38g, 49b 第2の検出用分極部 (検出用分極部)
- 39 増幅回路
- 45 バッファ回路
- 46 移相回路
- 47 第2の増幅回路
- 55 圧電振動体
- 56a 分極部
- 56b 検出用分極部
- 64 増幅回路
- 65 バッファ回路
- 66 移相回路
- 67 第2の増幅回路
- 70 圧電振動体
- 70a 第1の分極部 (第1の駆動用分極部)
- 70b 第2の分極部 (第1の駆動用分極部)
- 70c 第3の分極部 (第2の駆動用分極部)
- 70d 第4の分極部 (第2の駆動用分極部)
- 70e 検出用分極部
- 73 増幅回路
- 74 バッファ回路
- 75 移相回路
- 76 第2の増幅回路
- 80 圧電振動体

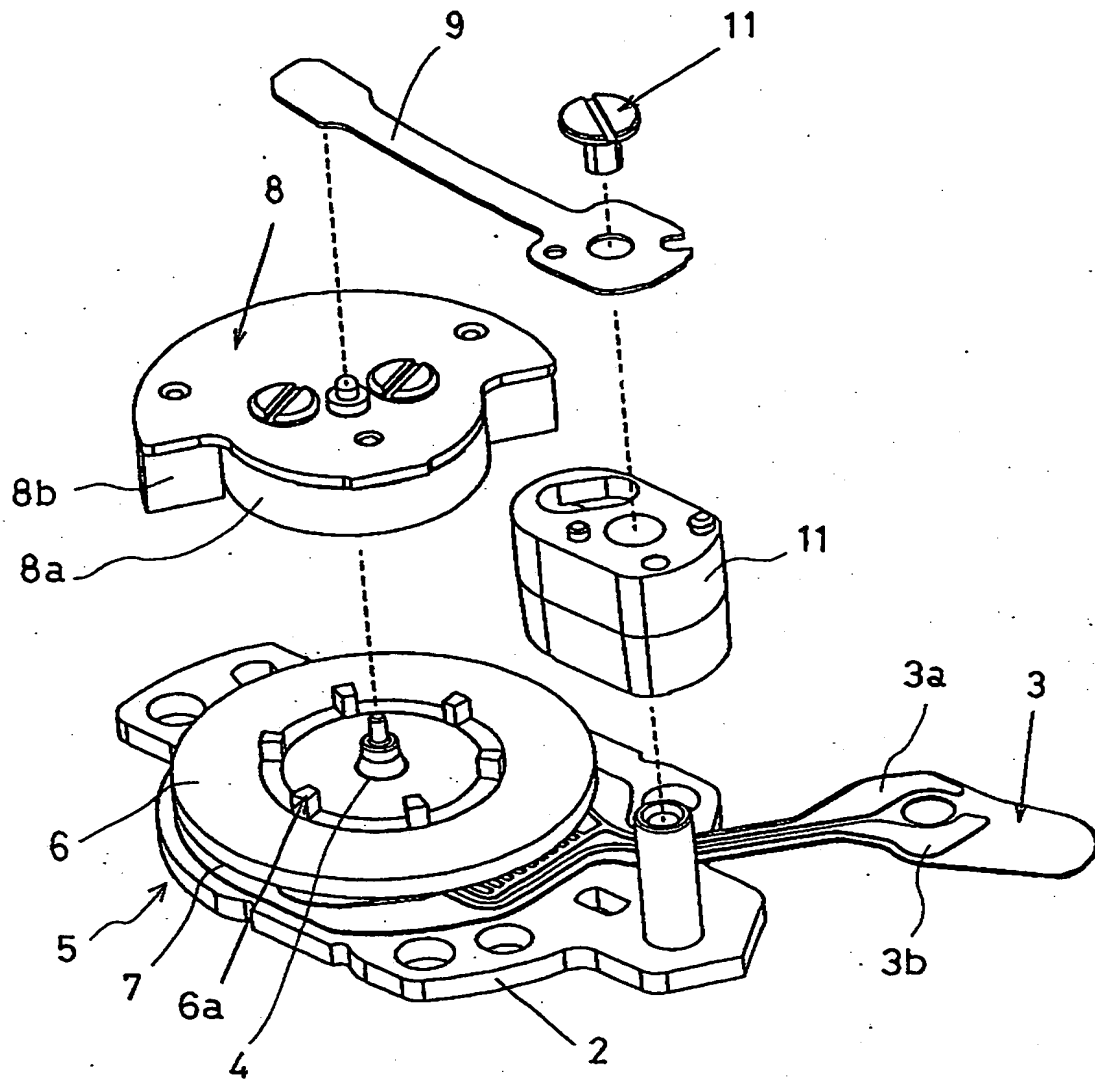
- 81 a 第1の分極部（駆動用分極部）
- 81 b 第2の分極部（駆動用分極部）
- 82 a 第1の検出用分極部（検出用分極部）
- 82 b 第2の検出用分極部（検出用分極部）
- 87 増幅回路
- 88 バッファ回路
- 89 移相回路
- 91 第2の増幅回路
- SW1 第1の切り換え回路
- SW2 第2の切り換え回路
- SW3 第3の切り換え回路

【書類名】 図面

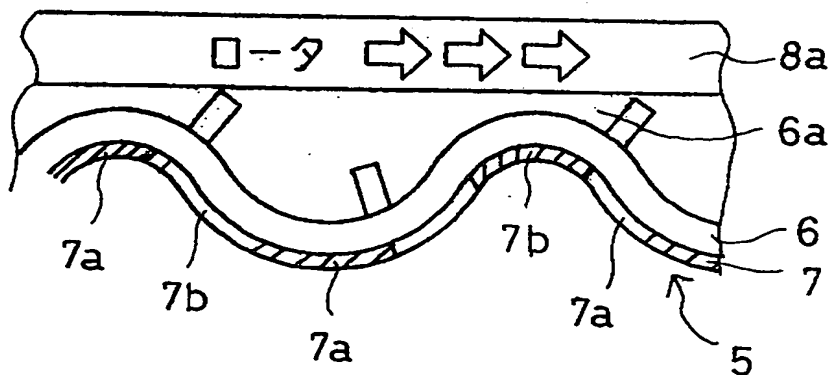
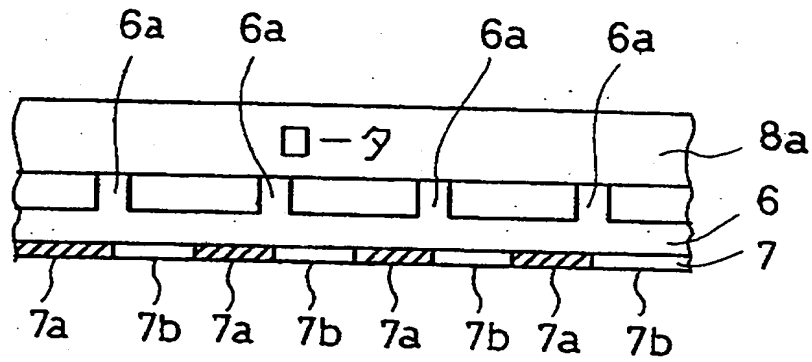
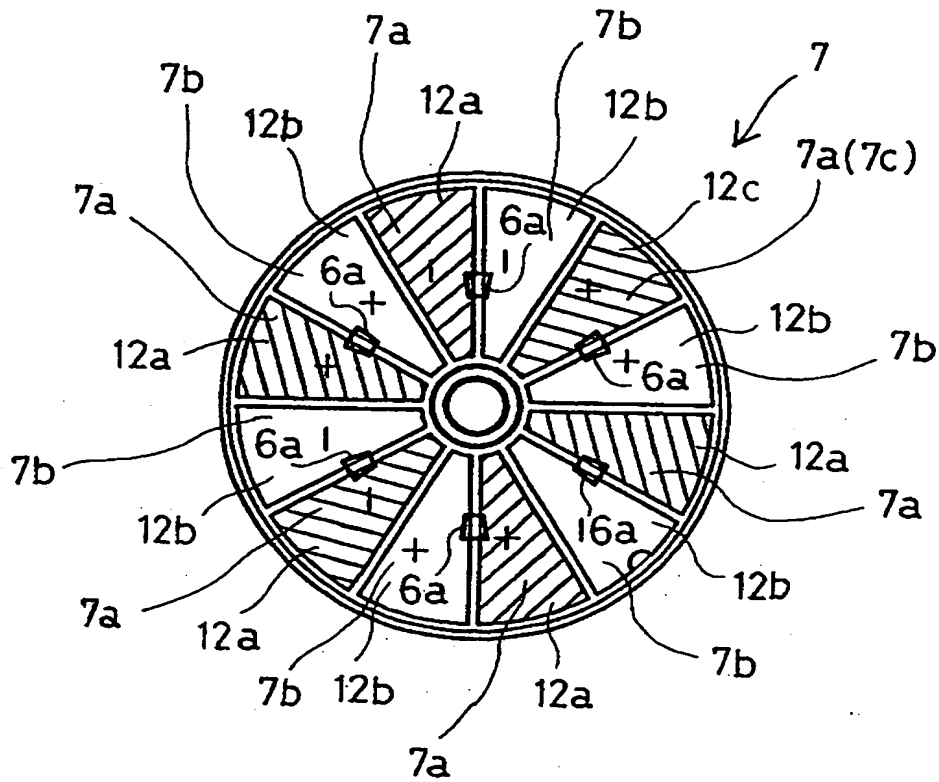
【図 1】



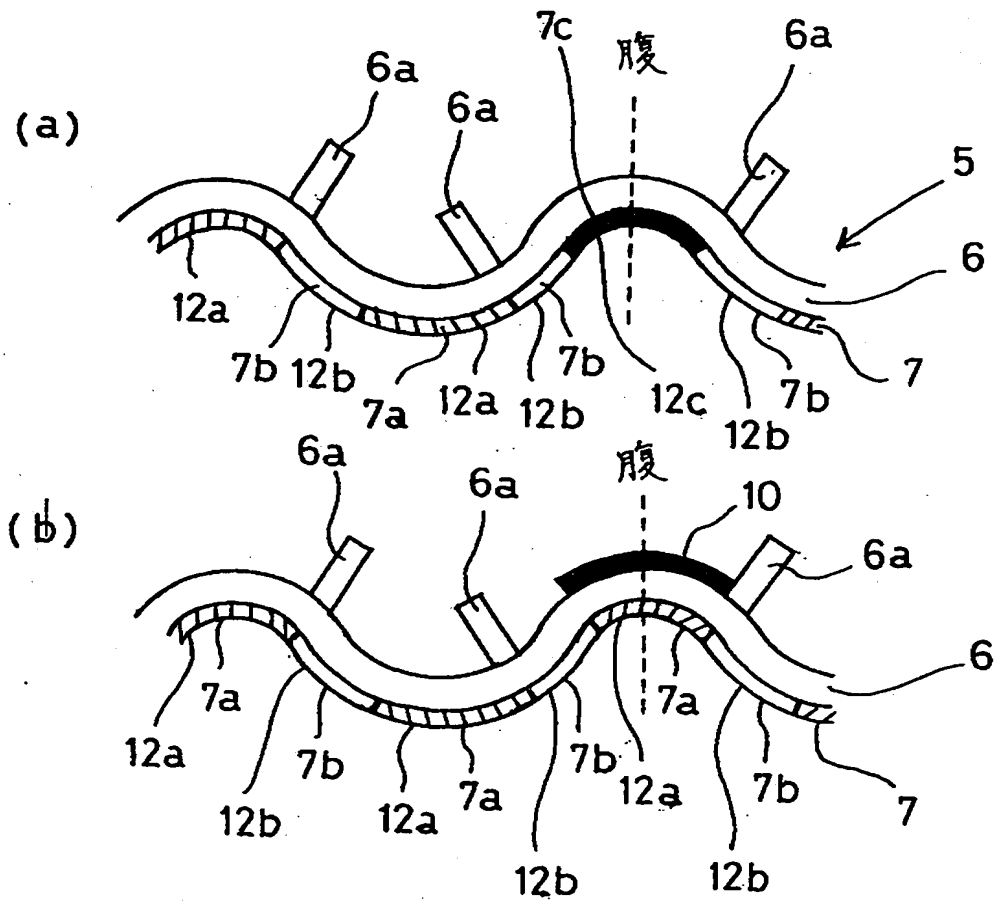
【図2】



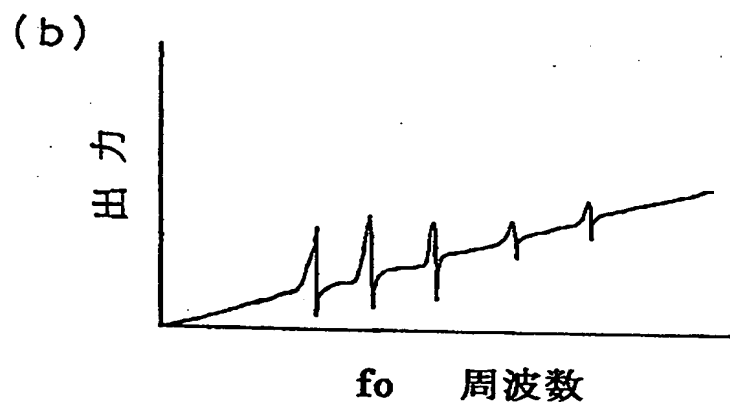
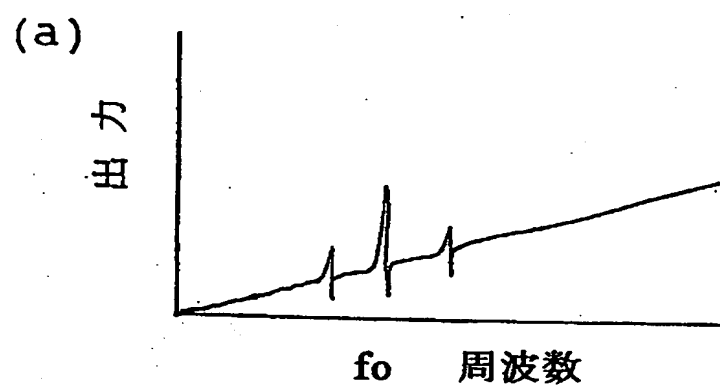
【図3】



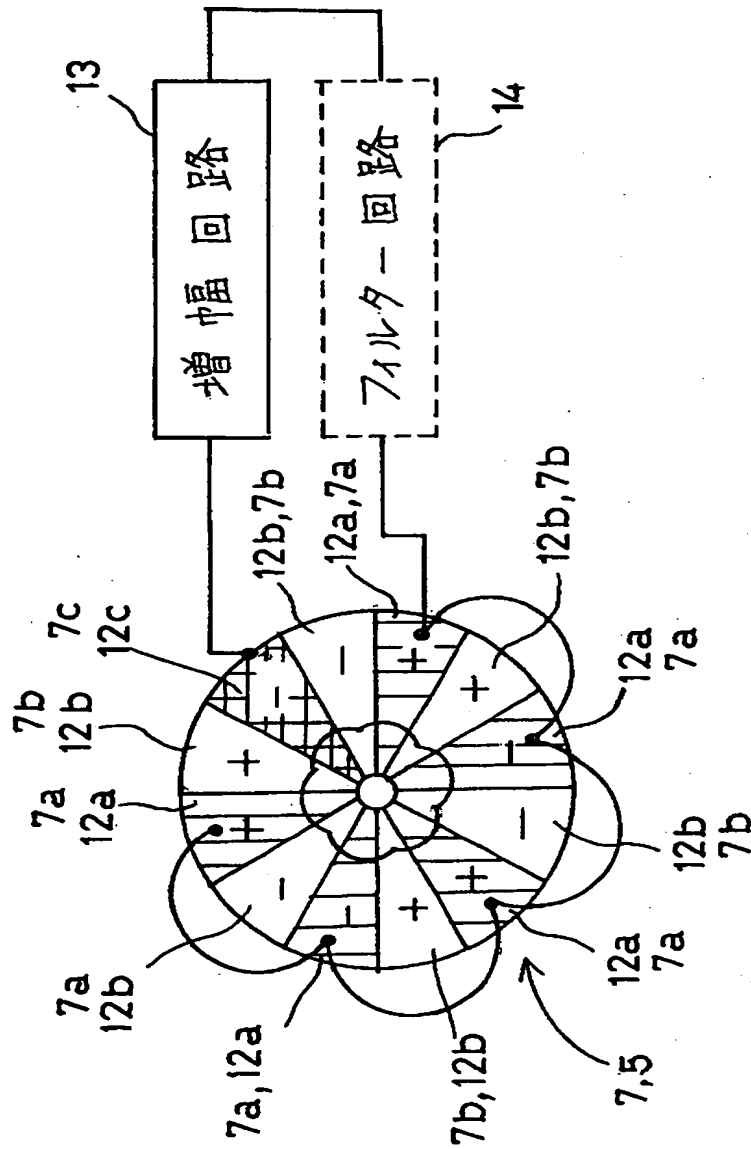
【図4】



【図 5】

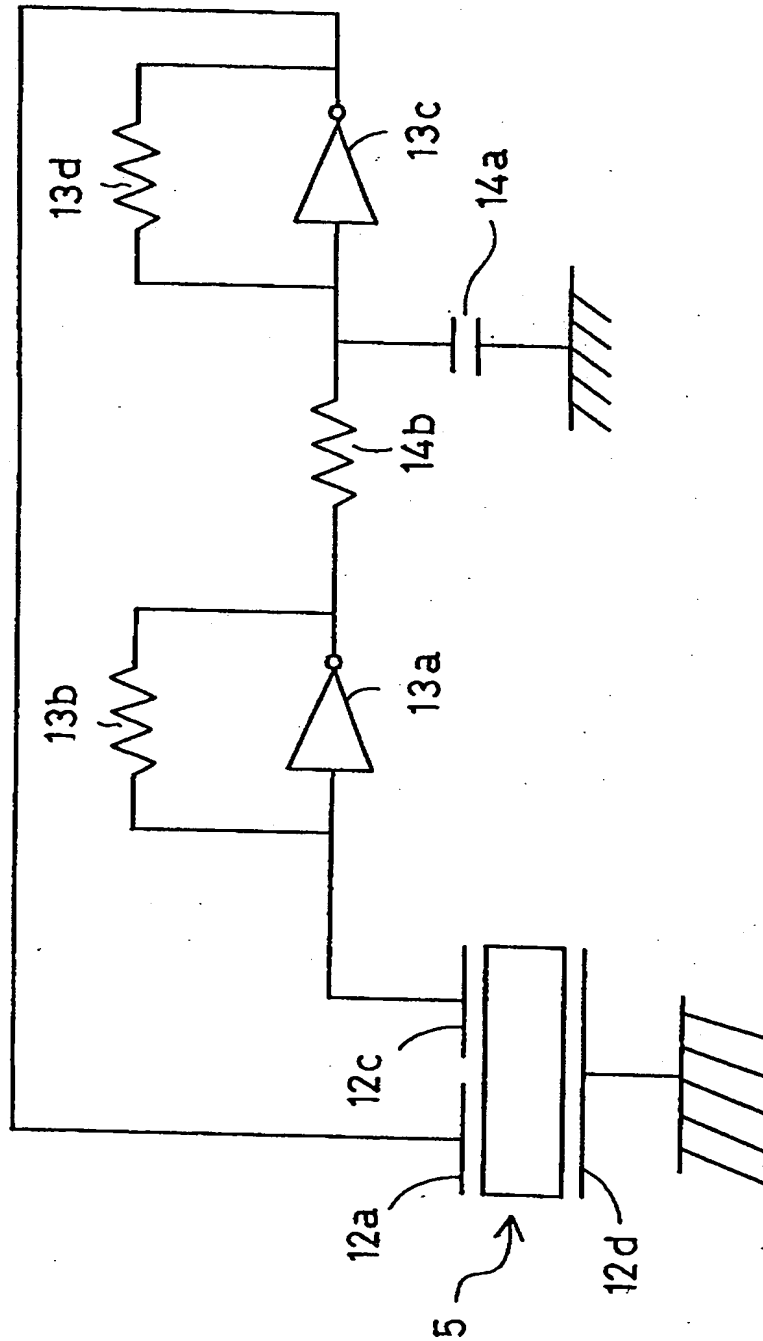


【図 6】

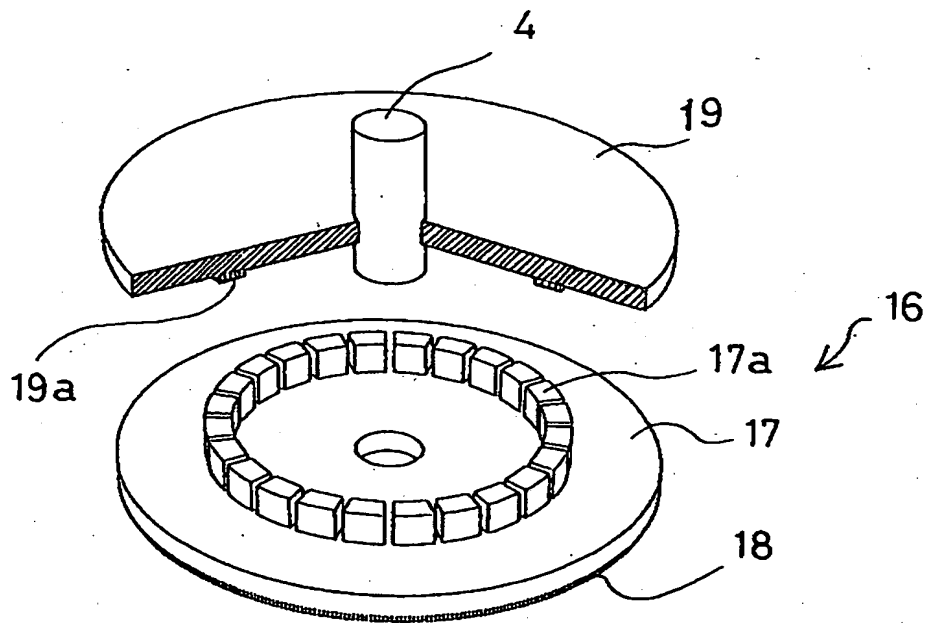




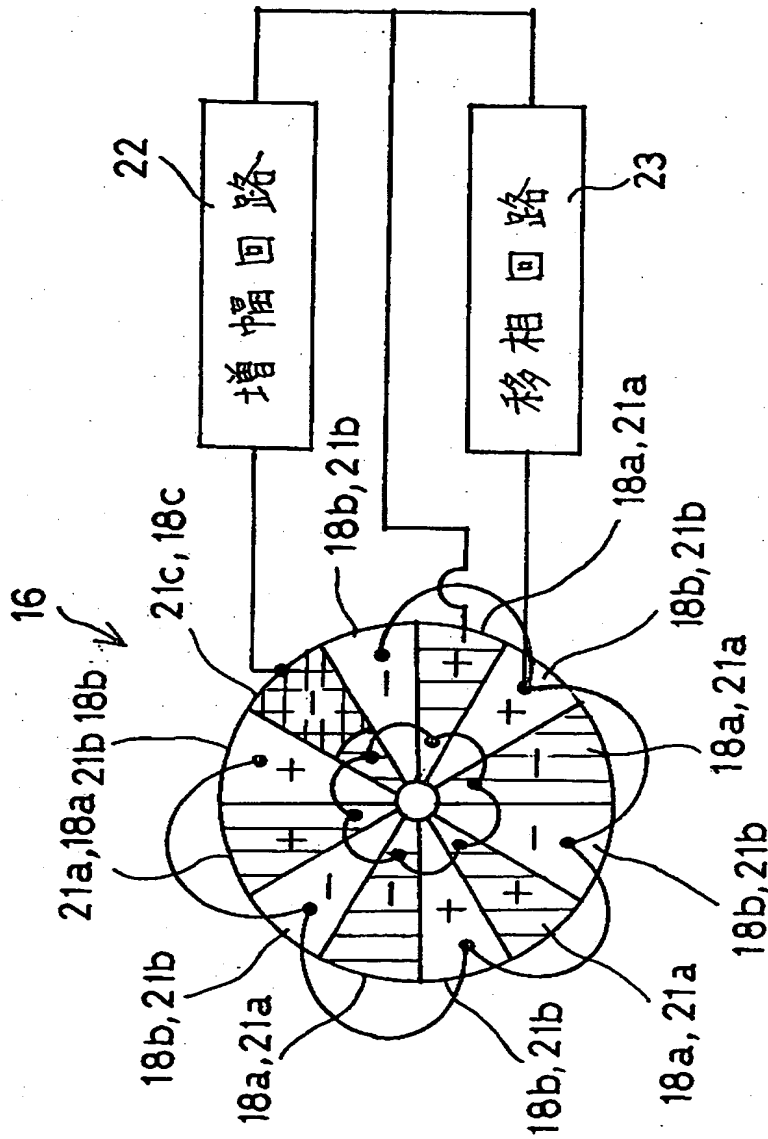
【図 7】



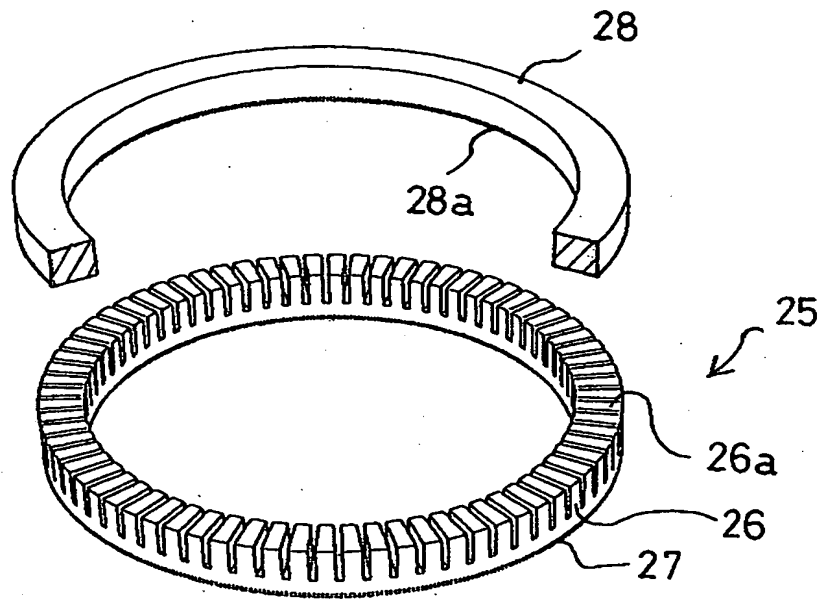
【図 8】



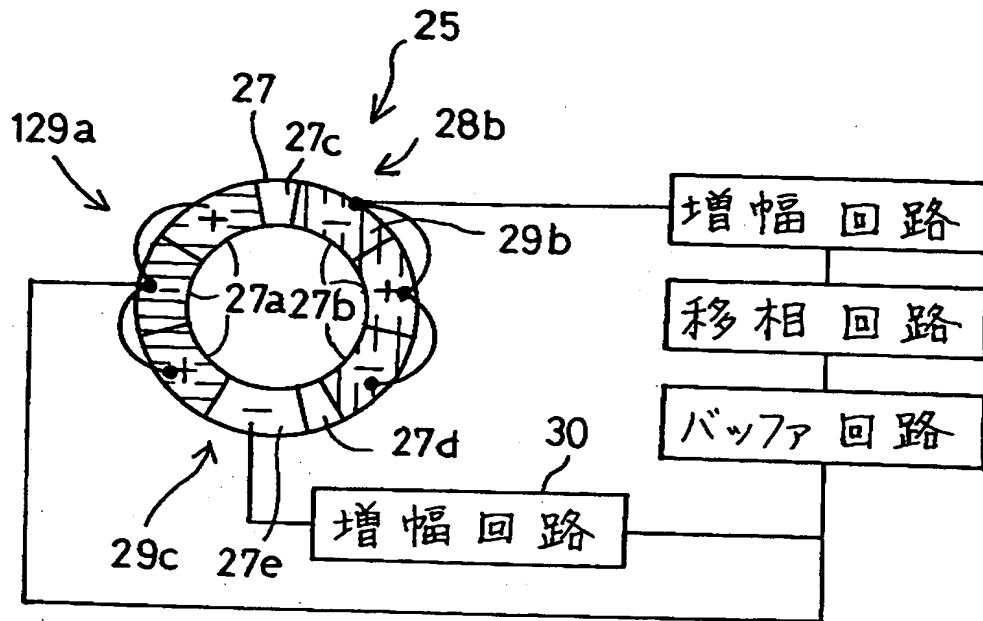
【图 9】



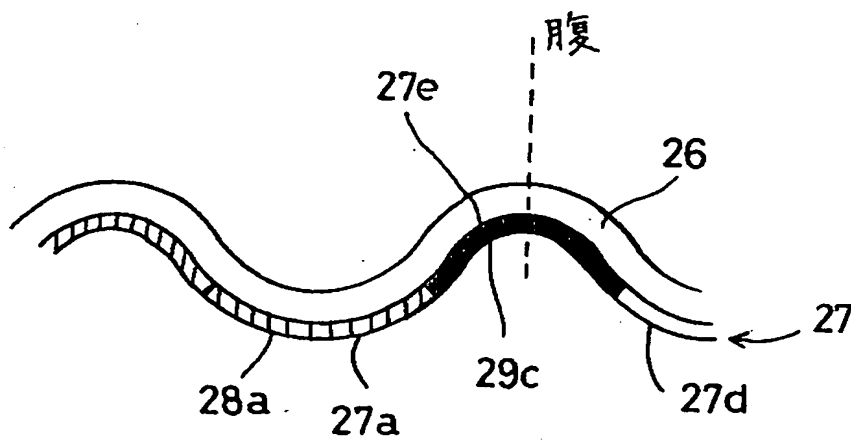
【図10】



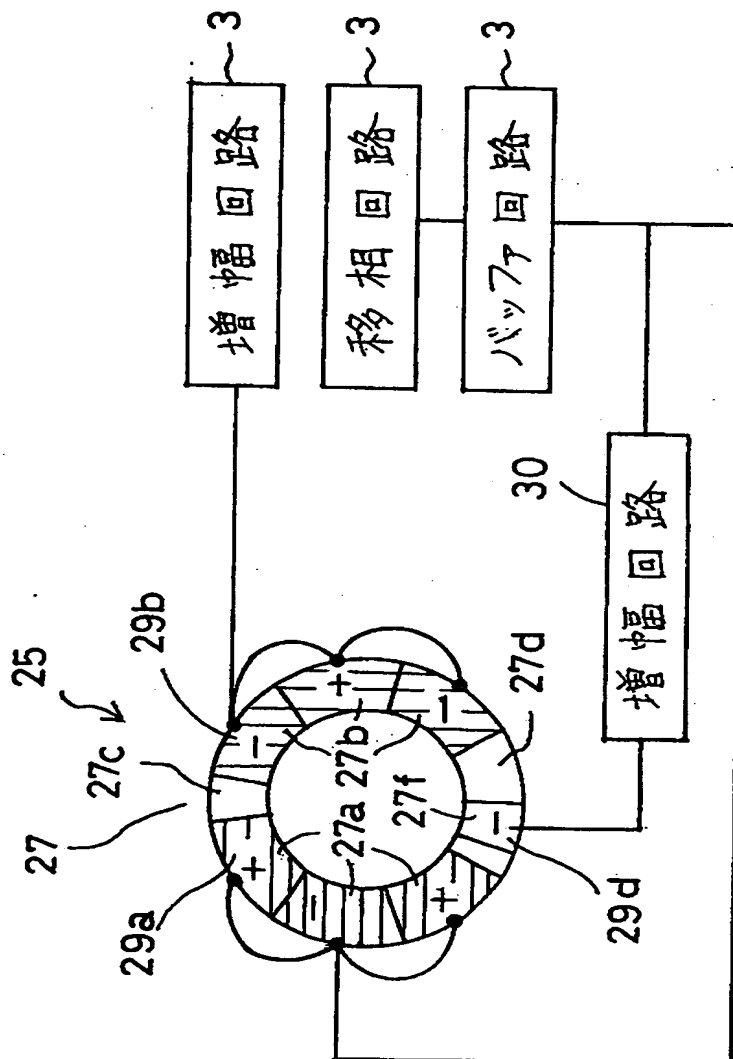
【図11】



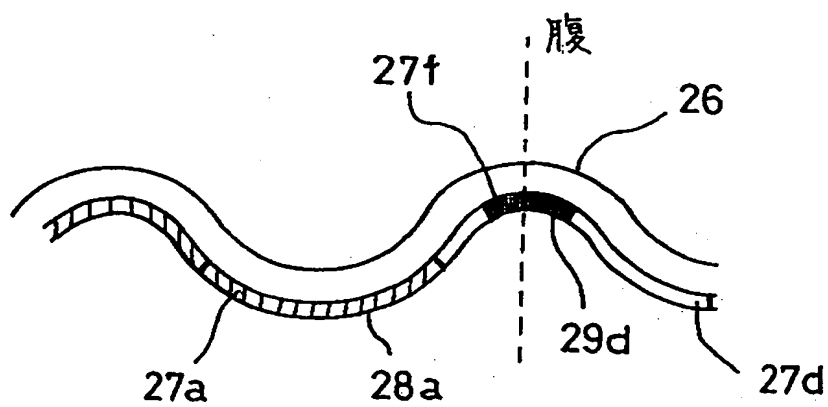
【図12】



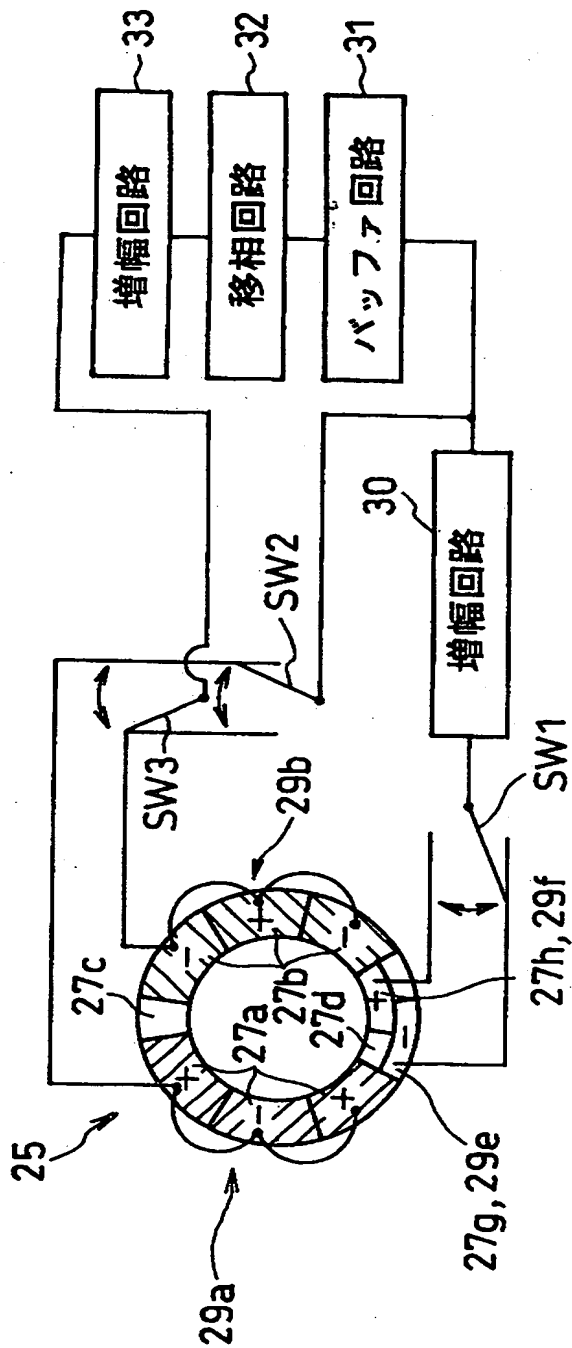
【図13】



【図14】

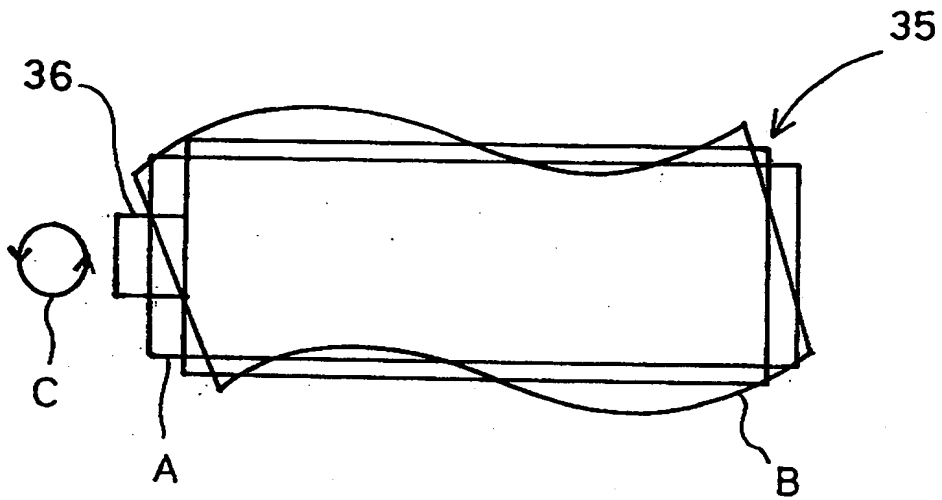


【図15】

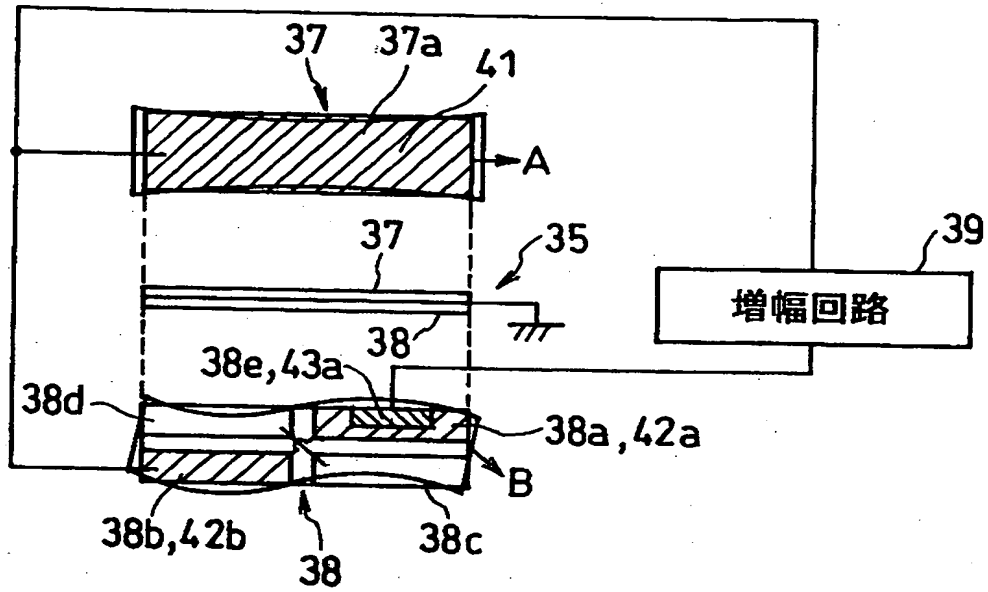




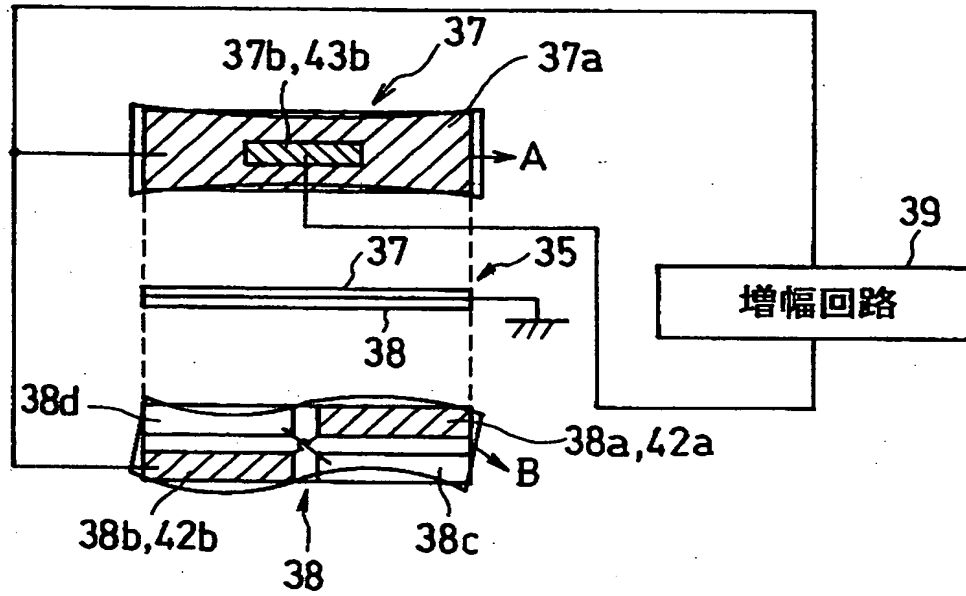
【図 16】



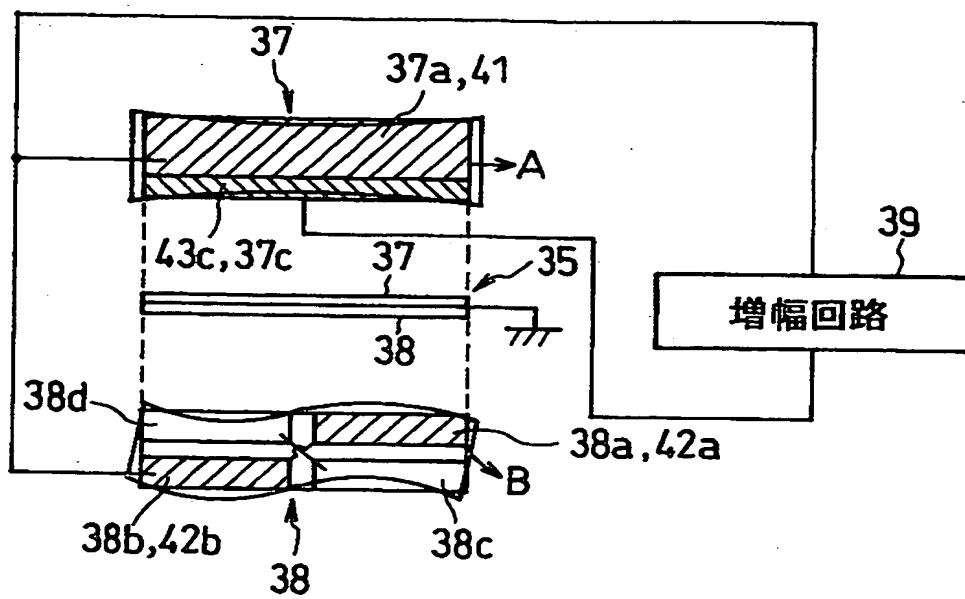
【図 17】



【図18】

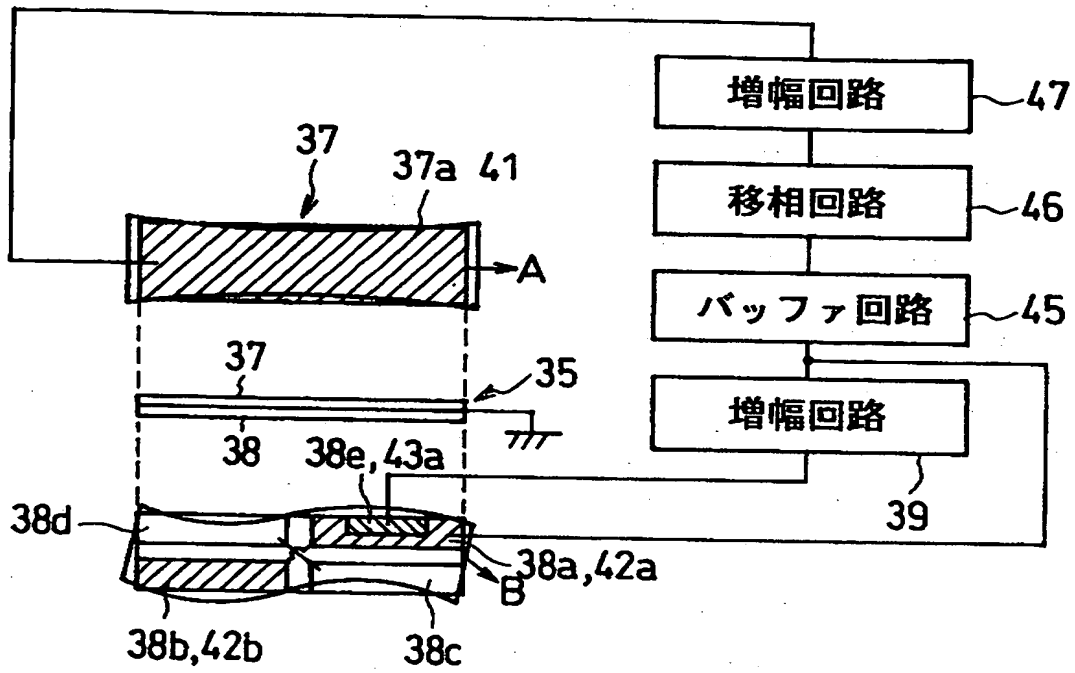


【図19】

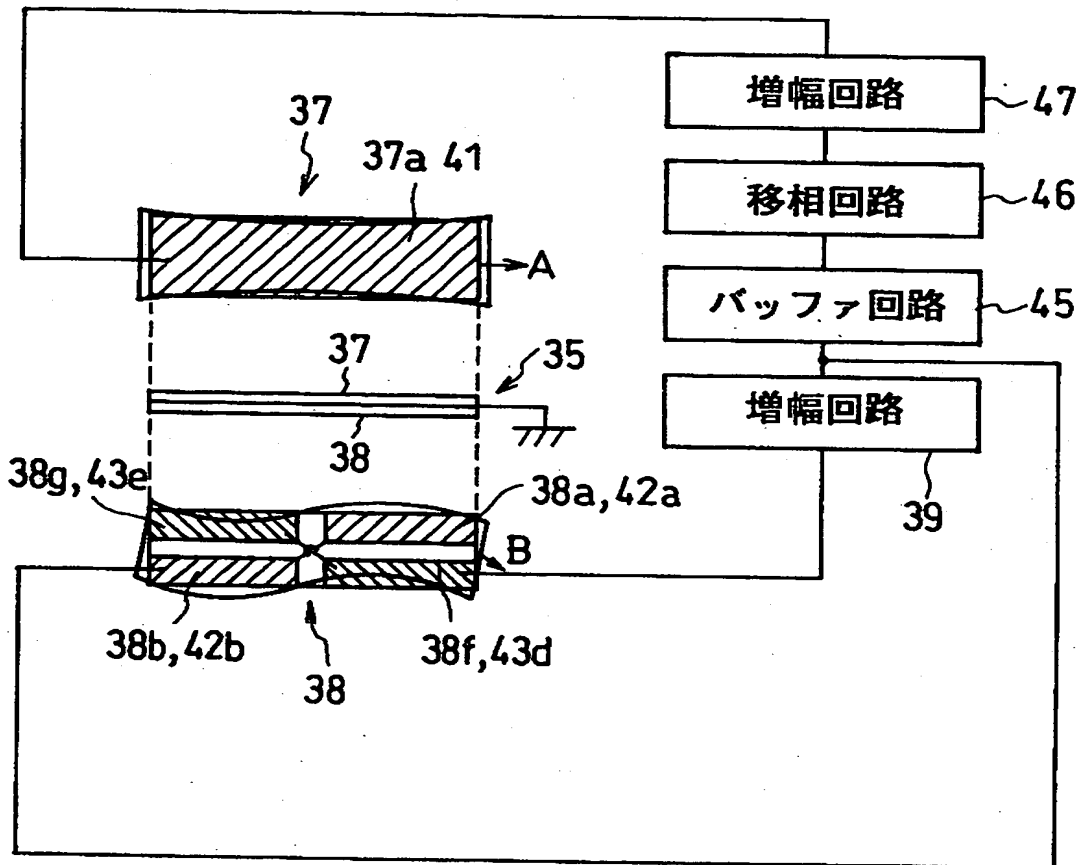




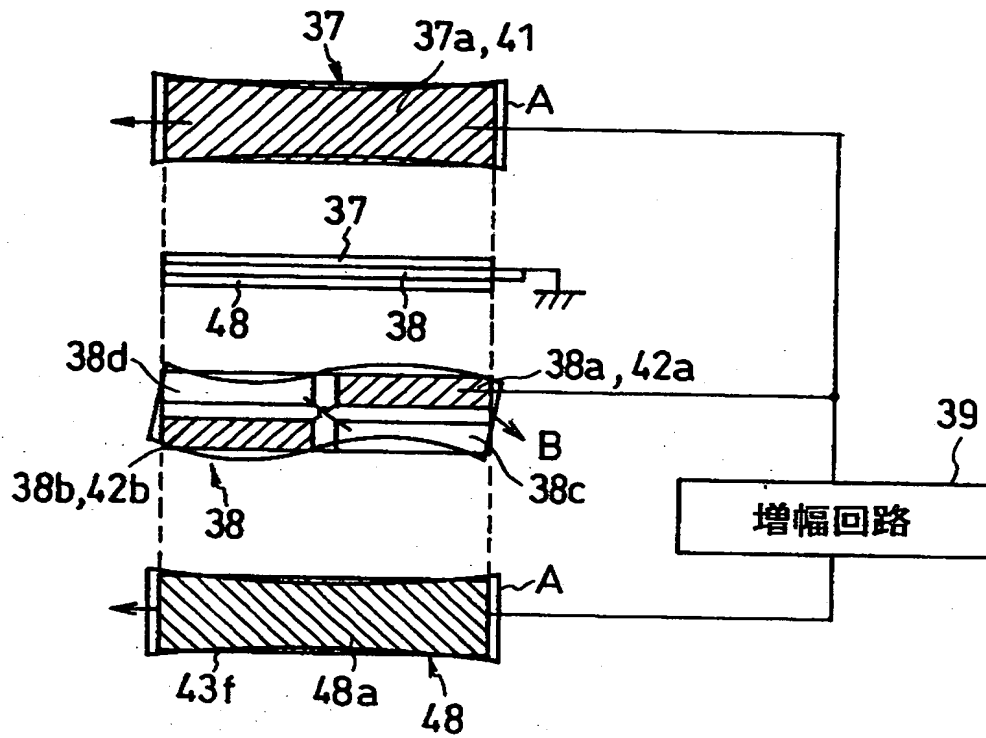
【図 21】



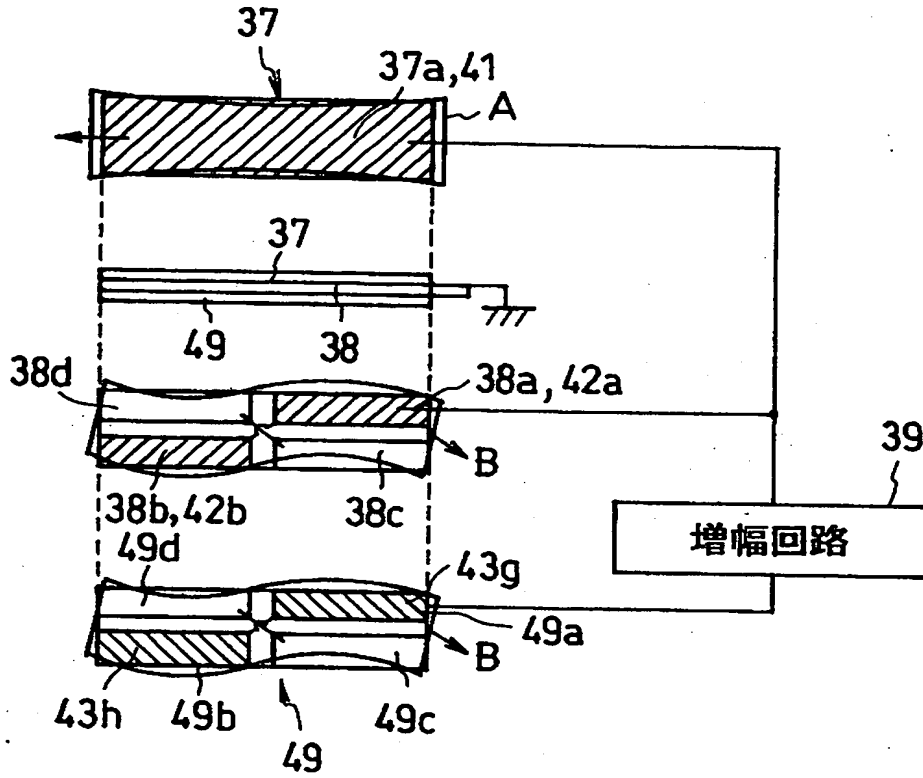
【図 22】



【図 23】

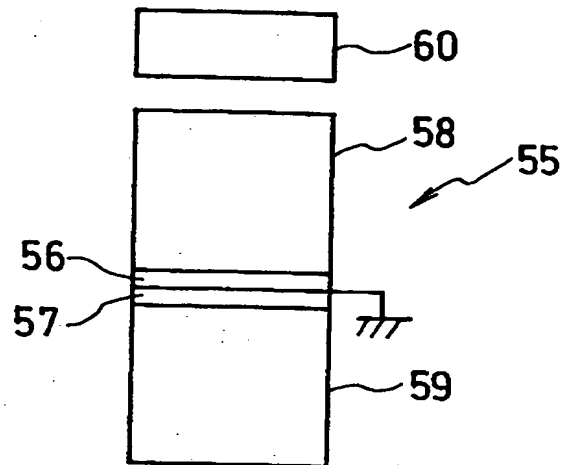


【図 24】

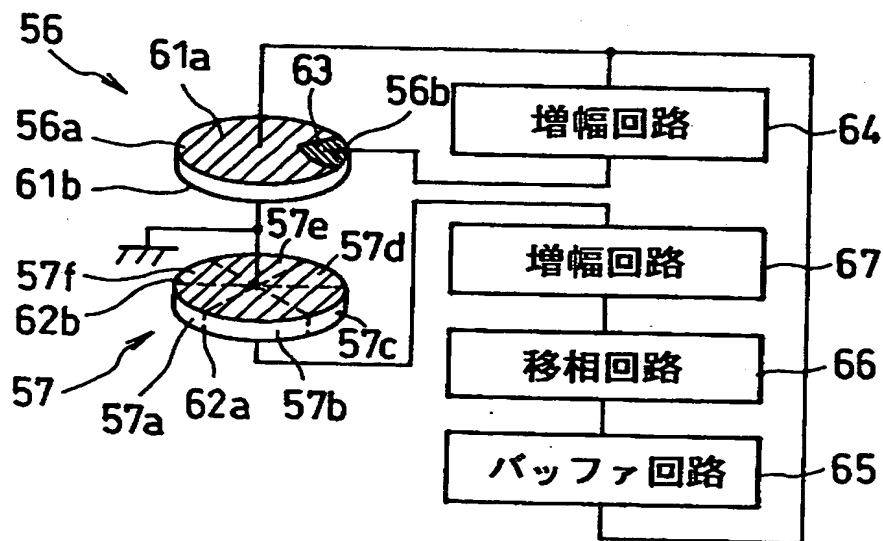




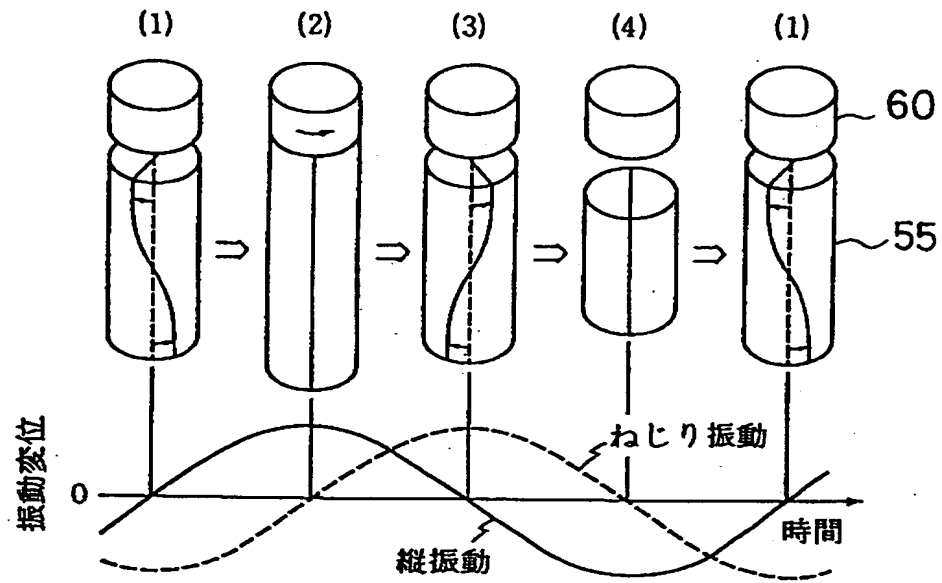
【図 25】



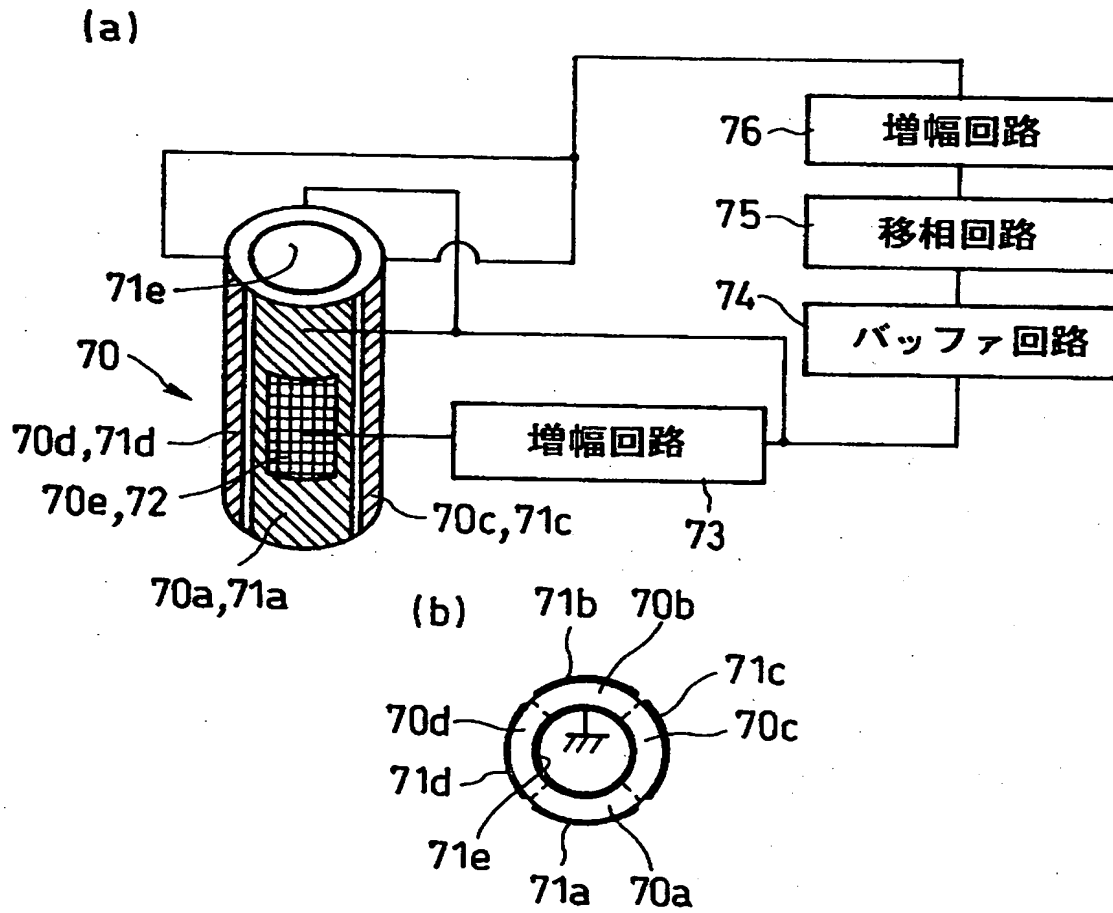
【図 26】



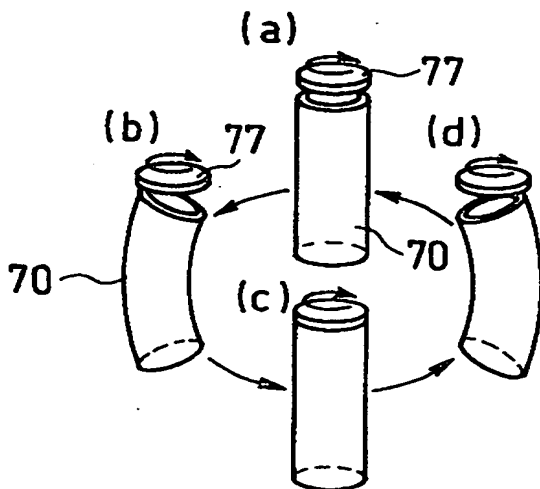
【図 27】



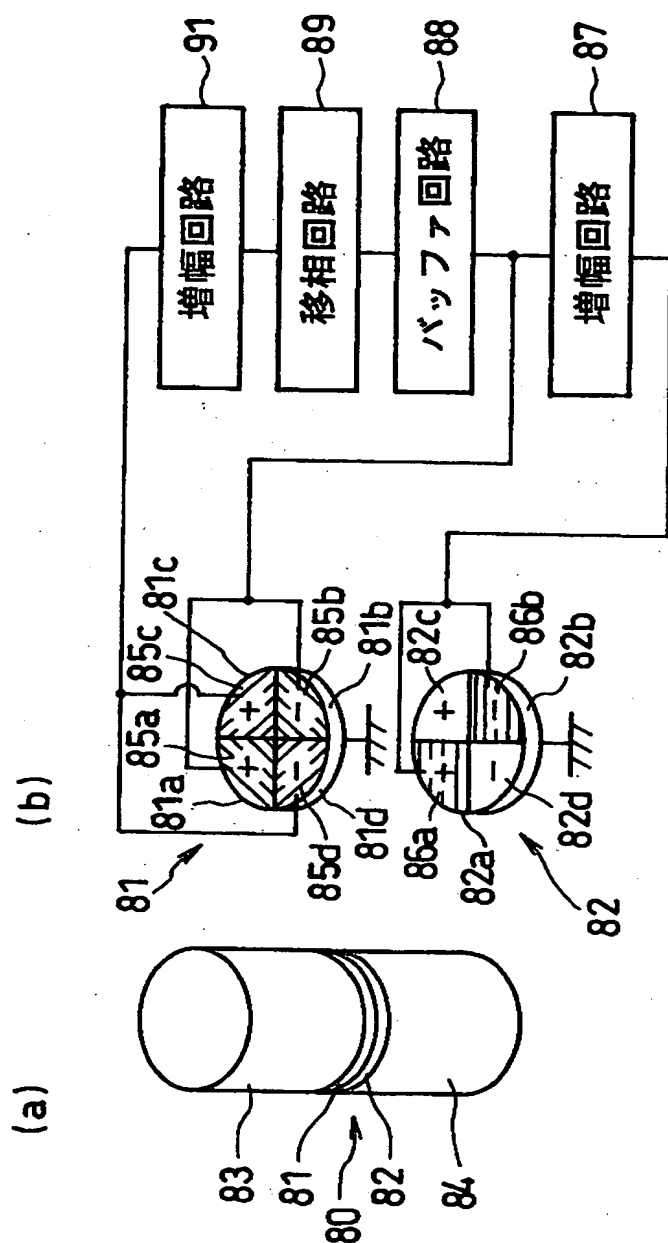
【図 28】



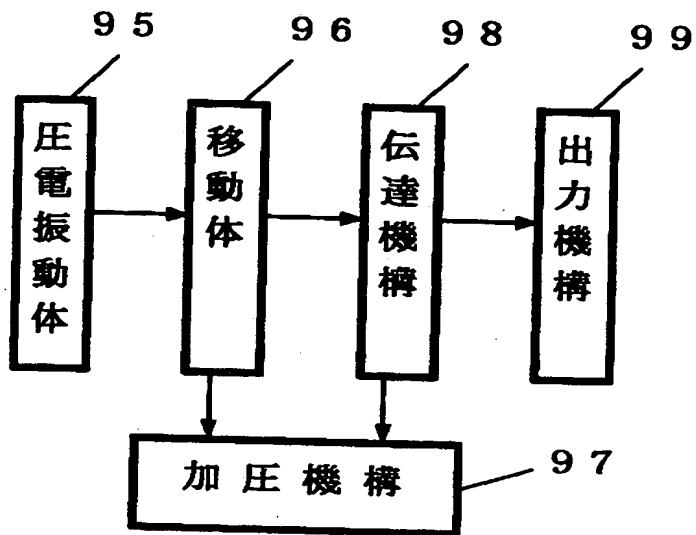
【図 29】



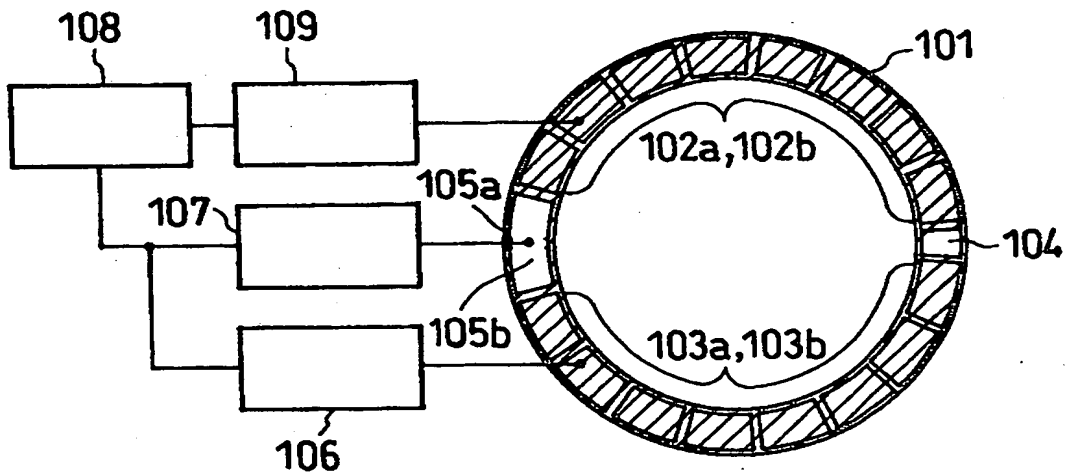
【図 30】



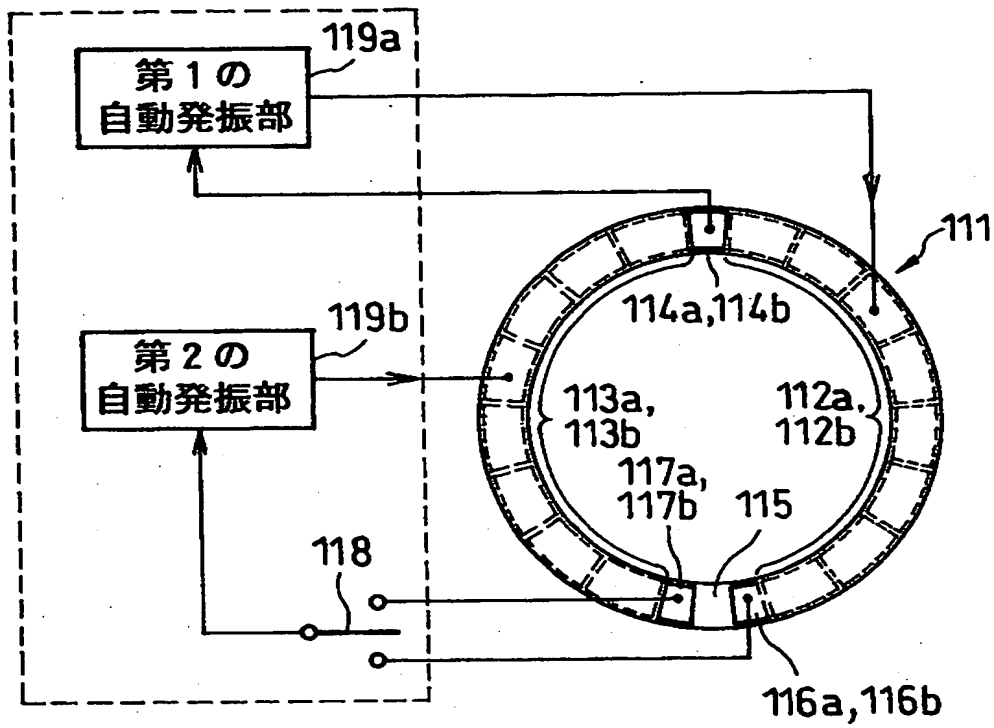
【図 3 1】



【図 3 2】



【図 3 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 不要周波数成分に対して駆動周波数成分の大きな駆動信号を検出して自励発振を安定させ、また、移相回路の負担少なくし且つ自励発振ループのゲインを維持し、さらに、大きな駆動信号の取り出すとともに駆動力を維持する。

【解決手段】 屈曲振動波を励振させる駆動用分極部を有する圧電振動体を備え、この圧電駆動体を自励発振させて駆動力を得る超音波モータにおいて、前記圧電振動体に対して屈曲振動波の腹を中心として対称に、前記駆動用分極部の励振に基づいて駆動信号を検出する検出用分極部を設けた。

【選択図】 図4

【書類名】

職権訂正データ

【訂正書類】

特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000002325

【住所又は居所】

千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地

【氏名又は名称】

セイコーインスツルメンツ株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100096286

【住所又は居所】

千葉県松戸市千駄堀 1 4 9 3 - 7 林特許事務所

【氏名又は名称】

林 敬之助



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日 1997年 7月23日

[変更理由] 名称変更

住 所 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

氏 名 セイコーインスツルメンツ株式会社